



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

Implementación de un Sistema de Información Geográfico que permita la manipulación y análisis espacial de los 24 programas de Savia Salud EPS, para la elaboración de informes geográficos con el propósito de visualizar los riesgos y apoyar la toma de decisiones de la institución en el departamento de Antioquia.

Autores

Kevin Mauricio Bermúdez Patarroyo

Anderson Torres Bedoya

Gerencia de Sistemas de Información en Salud

Facultad Nacional de Salud Pública

Universidad de Antioquia

2022

Implementación de un Sistema de Información Geográfico que permita la manipulación y análisis espacial de los 24 programas de Savia Salud EPS, para la elaboración de informes geográficos con el propósito de visualizar los riesgos y apoyar la toma de decisiones de la institución en el departamento de Antioquia.

Autores

Kevin Mauricio Bermúdez Patarroyo

Anderson Torres Bedoya

Trabajo de desarrollo para optar al título de Profesional en Gerencia de sistemas de información en Salud

Asesor:

Sebastián Mejía Ríos

Docente Facultad Nacional de Salud Pública

Universidad de Antioquia

Facultad Nacional de Salud Pública

“Héctor Abad Gómez”

Medellín, Colombia

2022

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Planteamiento del problema | 3 |
| 2. Justificación | 6 |
| 3. Objetivos | 9 |
| 3.1 Objetivo General | 9 |
| 3.2 Objetivos Específicos | 9 |
| 4. Marco Teórico | 10 |
| 4.1 Marco Conceptual | 10 |
| Desarrollo de software | 10 |
| 4.1.1 SIG..... | 11 |
| 4.1.2 SIG y salud pública | 13 |
| 4.1.3 Los SIG y el desarrollo de software | 13 |
| 4.1.4 SIG y automatización de procesos..... | 14 |
| 4.2 Marco Normativo | 17 |
| 4.2.1 Ley | 17 |
| 4.2.2 Decretos..... | 17 |
| 4.2.3 Resoluciones..... | 18 |
| 5. Metodología | 20 |
| Mapa por regiones | 23 |
| 6.Resultados | 24 |
| 6.1 Resultados Objetivo 1. | 24 |
| 6.1.1 Historias de usuarios..... | 24 |
| 6.1.2 Historia de usuario del proyecto..... | 24 |
| 6.1.4 Modelo de la base de datos | 26 |
| 6.1.5 Diagrama de clases Objetivo específico 1 | 27 |
| 6.2 Resultados objetivo 2. | 28 |
| 6.2.1 Prototipo de dashboard..... | 28 |
| 6.2.2 Diagrama general de la solución para el Objetivo específico 2..... | 36 |
| 6.3 Resultados objetivo 3. | 37 |
| 6.3.1 Manual de uso del dashboard | 37 |
| 6.3.2 Diagrama de flujo Objetivo específico 3..... | 45 |

7. Hallazgos..... 46
8.Conclusiones 47
9.Bibliografía..... 48

Listado de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Demográficos básicos | 21 |
| Tabla 2. Historia de Usuario del administrador de los datos..... | 24 |
| Tabla 3. Historia de Usuario del consultor de los datos..... | 25 |

Listado de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa por regiones del departamento de Antioquia | 23 |
| Figura 2. Modelo de la base de datos del proyecto | 26 |
| Figura 3. Diagrama de clases Objetivo específico 1 | 27 |
| Figura 4. Estructura general del prototipo del proyecto | 29 |
| Figura 5. Programación del código necesario para los filtros | 30 |
| Figura 6. Vista de los filtros en el prototipo del proyecto..... | 31 |
| Figura 7. Programación del código necesario para visualizar el mapa del departamento de Antioquia por subregiones..... | 32 |
| Figura 8. Vista del mapa del departamento de Antioquia por regiones | 33 |
| Figura 9. Programación del código necesario para visualizar la distribución por ciclo de vida..... | 34 |
| Figura 10. Vista de la distribución por ciclo de vida..... | 34 |
| Figura 11. Programación del código necesario para visualizar la pirámide poblacional | 35 |
| Figura 12. Vista de la pirámide poblacional | 36 |
| Figura 13. Diagrama general solución objetivo específico 2..... | 36 |
| Figura 14. Vista de los filtros de las variables en el dashboard | 37 |
| Figura 15. Vista de los contadores de los registros de los pacientes | 39 |
| Figura 16. Vista del mapa por regiones del departamento de Antioquia en el dashboard | 40 |
| Figura 17. Vista de la distribución por ciclo de vida de los pacientes en el dashboard | 42 |
| Figura 18. Vista de la pirámide poblacional en el dashboard..... | 44 |
| Figura 19. Diagrama de flujo Objetivo específico 3..... | 45 |

Listado de Anexos

Anexo 1. Manual de Usuario

Anexo 2. Actas de reuniones con Savia Salud EPS

Resumen

El objetivo de este trabajo de desarrollo fue generar una herramienta que permitiera la manipulación, el análisis espacial de los datos, para visualizar los riesgos y apoyar la toma de decisiones de la institución Savia Salud EPS en el departamento de Antioquia. Con este propósito se implementó un Sistema de Información Geográfico, donde se obtuvo el desarrollo de un aplicativo con todos los requerimientos hechos por Savia Salud EPS, principalmente el de obtener información geográfica con gran nivel de detalle que, partiendo de la localización por la dirección indicada por el usuario, permitiera una visualización de las problemáticas y un mejoramiento en la toma de decisiones realizadas por la institución.

Palabras clave: Sistema de información geográfico, riesgos, Antioquia, informes geográficos, toma de decisiones.

Summary

The objective of this development work was to generate a tool that would allow the manipulation and spatial analysis of data in order to visualize risks and support the decision making process of the institution Savia Salud EPS in the department of Antioquia. With this purpose, a Geographic Information System was implemented, where the development of an application with all the requirements made by Savia Salud EPS was obtained, mainly to obtain geographic information with a high level of detail that, starting from the location by the address indicated by the user, would allow a visualization of the problems and an improvement in the decision making made by the institution.

Keywords: Geographic information system, risks, Antioquia, geographic reports, decision making.

Introducción

La geografía y cartografía médica o sanitaria son la base para describir y analizar el estado de salud de la población. En cuanto a los factores ambientales y el uso de las herramientas, es posible rastrear las enfermedades transmitidas por vectores y otras enfermedades infecciosas, las enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, la descripción del patrón espacial de mortalidad y morbilidad, y la ubicación y los derechos de acceso de las instituciones médicas (1).

Los Sistema de Información Geográfica – SIG – permiten la captura, almacenamiento y procesamiento de grandes cantidades de datos de diversas fuentes, realizando así la gestión integral de la información, que puede generar diferentes escenarios para el análisis estratégico. La implementación de SIG en el campo de la salud se ha incrementado con el tiempo porque las personas han reconocido sus ventajas, especialmente su utilidad para monitorear y controlar la salud y el bienestar de la población (1).

Los SIG frente a las problemáticas mundiales más recientes como por ejemplo la COVID-19 y la viruela símica, pueden ser muy útiles para comunicar dónde se sitúan los focos de propagación y la evolución de la incidencia de la enfermedad. Gracias a estudios similares que se han hecho a través del tiempo, surgieron las primeras aplicaciones que marcaban el punto de partida del camino que conduciría al desarrollo de lo que hoy conocemos como los SIG y de lo que hacemos en la actualidad (2).

En Latinoamérica, los SIG empiezan a tomar mayor importancia con las diferentes conferencias que se empezaron a generar, un ejemplo de ellas es la Conferencia Latinoamericana de Informática en Geografía en San José de Costa Rica (3). En Colombia para el año 2012 se crea el módulo geográfico para el Sistema Integral de Información de Protección Social (SISPRO) para ubicar problemas de salud en la región. Este módulo es utilizado, entre otros, para apoyar la estrategia de Atención Primaria en Salud, las redes integradas de atención y análisis de la situación de salud en cada región del país (4).

Uno de los principales problemas que se presentan en el departamento de Antioquia y el Valle de Aburrá es la carencia de una herramienta que sea capaz de generar informes geográficos que ayude a la toma de decisiones, también la baja capacidad de definir el perfil de la información estratégica necesaria, producirla, manipularla y mantenerla actualizada, esto que permita establecer prioridades de atención e inversión en salud (5).

El mundo real es representado espacialmente por los SIG como una superposición de capas temáticas que utilizan, en el formato vector, líneas, polígonos y puntos para representar los diferentes elementos de cada capa presentes en un área definida. Los atributos de los elementos de cada capa temática se almacenan en una base de datos. Es por esto que un SIG integra las operaciones fundamentales de las bases de datos, tales como las consultas y análisis estadísticos, con los beneficios de análisis y visualización geográfico propios de los mapas, definiendo la topología o relaciones espaciales entre los elementos representados. Esto permitirá usar la información de manera oportuna, identificar problemas, disminuir la duplicación de tareas, establecer prioridades y permitiendo comparar y hacer análisis complejos de la información (5).

Savia Salud EPS no cuenta con un aplicativo SIG que sea capaz de entregar informes dinámicos a escala departamental, subregional y municipal para los programas de alto costo que manejan, no les permite brindar una atención oportuna y de calidad a sus pacientes, ya que como se mencionó anteriormente, la institución carece de un aplicativo que tenga una interfaz dinámica y constantemente actualizable que les permita tener un conocimiento real de donde se encuentran localizados exactamente sus pacientes, es por esto la importancia que se le da a los SIG desde hace un tiempo. Para esto es necesario Implementar un Sistema de Información Geográfico, que permita la manipulación y análisis espacial de las 24 cohortes de Savia Salud EPS, para la elaboración de informes geográficos con el propósito de visualizar los riesgos y apoyar la toma de decisiones de la institución en el departamento de Antioquia.

1. Planteamiento del problema

La mayoría de las actividades realizadas por el hombre tienen que ver con la localización espacial de sus elementos de análisis dentro de un contexto relativo, es decir, información georreferenciada. Los médicos y planificadores en salud pública alrededor del mundo, representan geográficamente los mapas epidemiológicos con el fin de cuantificar las acciones de control médico que deberán ejecutar, esto mejora la toma de decisiones, centra los recursos a destinar y soluciona problemas mediante el análisis de los datos con la información espacial referenciada (6).

La aplicación de Sistemas de Información Geográfica en América Latina ha recorrido un largo camino, desde un punto de vista material podría pensarse que la implementación y necesidad de actualización permanente en cuanto a hardware y software ha constituido el principal problema para el avance de la temática SIG en América Latina (7). Ante los inconvenientes estructurales, podemos decir que el avance efectivo de los SIG en América Latina no podría basarse en la incorporación de nuevo hardware, el desarrollo de nuevo software, el de la aplicación a temáticas de reconocimiento mundial, sino que cobra particular importancia un uso que se encuentre orientado hacia el pensamiento y una visión crítica constructiva con la finalidad de poder actuar efectivamente a través de aplicaciones espaciales sin desconocer contextos de mayor amplitud dentro de una realidad específica, la realidad latinoamericana (7).

Gran variedad de temas geográficos puede trabajarse en las aulas con los SIG para poder desarrollar diferentes problemas contemporáneos: desastres naturales y sostenibilidad ambiental, población y migraciones, crecimiento y planeamiento de las ciudades, desigualdades económicas, conflictos sociales o la división territorial del trabajo, por ejemplo, mediante mapas, fotografías aéreas, imágenes por satélite, bases de datos y gráficos. También, los SIG son herramientas ampliamente utilizadas y frecuentes en estudios previos de población, climatología, recursos hídricos, ecológicos, contaminación, topográficos y fronterizos (8).

Los SIG se han convertido en la nueva tecnología que permite no solo crear, organizar, y manipular en forma simultánea bases de datos gráficas y descriptivas, sino que

presentan una serie de posibilidades orientadas hacia el análisis multicriterio de dicha información, con el fin de convertirla en elementos de juicio para ayudar a la toma de decisiones. Los SIG es un software elaborado para facilitar la obtención, gestión, análisis, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para identificar problemas y aplicarlos a la planificación y gestión de la situación de salud de los pacientes. La información geoespacial facilita el procesamiento e integración de información derivada de la vigilancia e investigación epidemiológica, potenciando el análisis y síntesis de información, también facilitando la toma de decisiones en los centros de salud, por ejemplo permite también hacer seguimiento geoespacial de enfermedades de importancia en salud pública, con lo cual se han evitado muchas muertes y se ha identificado de manera oportuna grupos de incidencia de diferentes enfermedades en el país (9).

“El sistema de salud colombiano se ha caracterizado por no contar con sistemas de información adecuados que permitan obtener datos actualizados de forma rápida y sencilla sobre el estado de salud de la población” (10). Aunque existen estudios a nivel mundial basados en sistemas de información geográfica en la actualidad, las investigaciones o trabajos en el sector salud en Colombia son recientes frente a todas las ventajas que puede proporcionar esta herramienta en la salud pública y específicamente en los estudios epidemiológicos y comunitarios. A pesar del marco legal existente, el sistema de información geográfico en el país no se ha logrado desarrollar de la forma esperada y ha permanecido segmentado y con problemas de calidad (10).

La institución Savia Salud EPS busca que se haga una visualización de todos los pacientes que hacen parte de las 24 cohortes teniendo en cuenta la dirección registrada en sus bases de datos para lograr una atención eficaz y oportuna a todas las personas que llegan a sus instalaciones, teniendo en cuenta la proximidad de sus instalaciones con la ubicación de residencia del paciente.

Con el tiempo en la institución se han evidenciado varias falencias para llevar a cabo una buena georreferenciación de las 24 cohortes, como, por ejemplo: la Incorrecta digitación de las direcciones de la residencia de los pacientes, la desactualización de las direcciones de los usuarios en las bases de datos manejadas por la EPS.

Uno de los objetivos de Savia Salud EPS y lo que se busca con el presente trabajo de grado es georreferenciar a los usuarios que se encuentran en las 24 cohortes que manejan actualmente, para así obtener información geográfica de gran nivel de detalle a partir de la localización por la dirección indicada por el usuario para el mejoramiento de toma de decisiones.

2. Justificación

La necesidad para tener una localización de los enfermos se empieza a tener desde el año 1854 donde el Dr. John Snow durante un brote de cólera en Soho, Londres identificó la ubicación del brote mediante un mapa de puntos que mostraba la colocación de las muertes en la bomba de agua de Broad Street (11). Gracias a esto se logró intervenir y tratar esta problemática que estaba afectando en diferentes sentidos a muchas personas. En esos comienzos de forma manual como soporte el papel y hasta el momento en forma digital como Sistemas de Información con componente espacial, se ha venido utilizando la georreferenciación en el campo de la salud.

En Latinoamérica los SIG se pueden denotar de una forma más detallada desde comienzos del año 1987 cuando se realiza la 1ra Conferencia Latinoamericana de Informática en Geografía en San José de Costa Rica, donde la Unión Geográfica Internacional – UGI – (12) y países centrales provisionan de tecnología a los países de América Latina, un ejemplo claro es el sistema SPANS (Spatial Analysis Systems de Tydac Technologies Inc. Canadá) el cuál apoyó las jornadas gerenciales de sistemas de información geográfica en Buenos Aires organizadas por IBM Argentina. Esto abrió paso para que se realizaran más conferencias como la *Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica* – CONFIBSIG – (13) tiende a los desarrollos teóricos, avances realizados que se han encontrado en Geografía como ciencia, La *Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica* – SIBSIG – (14), está es la encargada de organizar los CONFIBSIG, consolidar el trabajo internacional y demás.

Para Colombia la tecnología SIG es relativamente nueva, por eso la integración de los SIG en bases de datos espaciales y territoriales tiene como objetivo organizar la colección de material georreferenciado actualmente disponible en formato analógico. En este sentido, el Estado colombiano ha emprendido la aplicación de los sistemas de información en la geografía local y regional a través del Sistema de Información Geográfica de Ordenamiento Territorial -SIG-OTN- (15), a cargo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC, 2006-16-, para establecer los procesos de ordenamiento y planeación territorial mediante los sistemas -“art. 49 de la Ley 152 de 1994”- (17).

En el año 2012 se crea el módulo geográfico para el Sistema Integral de Información de Protección Social -SISPRO-del Ministerio de Salud para examinar información de salud de cada región. Cuyo propósito es implementar la estrategia a nivel micro, para que se puedan priorizar los riesgos relacionados con la salud (17).

En el caso de Antioquia, la Gobernación carece de una metodología estructurada que permita de forma ágil hacer el seguimiento a sus proyectos estratégicos de infraestructura en lo extenso de su territorio. Aunque la Administración Departamental cuenta con sistemas de información geográfica, estos no son aprovechados en su total capacidad, además se presenta la existencia de información desactualizada, y deficiencia en la localización y almacenamiento de la misma; situaciones que entorpecen el proceso seguimiento y evaluación, pues no responden a una dinámica y modelo organizado, sino a levantamientos informales, lo que conlleva reprocesos y a un uso inadecuado de recursos (18).

El catastro de la ciudad de Medellín, no ajeno a esta realidad comienza a finales de los años 90 a incursionar en el tema de cartografía digitalizada con la estructuración del plano digital de la ciudad, con la contratación de la elaboración del plano base escala 1:2000 para el sector urbano y 1:5000 para el sector rural de la ciudad. Este fue el primer paso de la estructuración de un Sistema de información geográfica catastral para la gestión territorial de la ciudad. En años siguientes, se realizan los procesos de georreferenciación de la información cartográfica y catastral que se poseía en formatos análogos y se estructura el SIG catastral sobre la plataforma ESRI (19).

Con el uso de la georreferenciación en salud se permite tener mayor eficiencia en el desarrollo de los procesos. Además, de hacer frente a las necesidades y desafíos que requieren las poblaciones, también generar información oportuna permitiendo una mejor toma de decisiones. El diseño e implementación del SIG y la actualización de la información permitirá el ahorro de esfuerzos tanto económicos como humanos, ya que al contar con esta herramienta se invertirá menos tiempo en la ejecución de sus procesos, ahorrando así parte del presupuesto destinado para este tipo de proyectos.

Actualmente la georreferenciación es un análisis importante en el ámbito de la salud porque con este se permite plantear acciones que logren mejorar la calidad de los servicios, también, a tener un monitoreo epidemiológico mejorado, monitoreo de instalaciones, conocer riesgos de posibles enfermedades, etc. En salud pública ha sido importante definir políticas y programas tendientes a realizar intervención sobre el curso normal de aparición de las diferentes patologías. Debido al interés de gestión pública de la EPS, la cual realiza seguimiento a enfermedades de alto costo, pero que en el momento no cuentan con un sistema de información geográfico el cual pueda apoyar la toma de decisiones de la institución referente a sus 24 cohortes en el departamento de Antioquia, mediante este trabajo de grado se busca crear un modelo de automatización para la creación de mapas de conteo e informes geográficos de casos de dichas cohortes para el departamento de Antioquia.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Implementar un Sistema de Información Geográfico, que permita la manipulación y análisis espacial de las 24 cohortes de Savia Salud EPS, para la elaboración de informes geográficos con el propósito de visualizar los riesgos y apoyar la toma de decisiones de la institución en el departamento de Antioquia.

3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un modelo de base de datos para el almacenamiento de los usuarios que presentan una o más patologías indicadas dentro de las 24 cohortes que maneja Savia Salud EPS.
- Prototipar un algoritmo para la estandarización de información y creación de informes geográficos, de acuerdo a la georreferenciación que se tiene de las direcciones de los usuarios que hacen parte de las 24 cohortes de Savia Salud EPS.
- Construir un tablero de informes dinámico que permita la visualización y salida de datos de los diferentes niveles geográficos y también la georreferenciación de los usuarios de las 24 cohortes de la EPS.

4. Marco Teórico

4.1 Marco Conceptual

Un usuario es la persona que busca, que utiliza y elige los servicios de salud.

Los 24 programas que maneja Savia Salud EPS para sus usuarios son: Anticoagulados, Artritis reumatoidea, Asma, Cáncer, Diabetes especializadas, Diabetes mellitus, Enfermedad renal crónica estadios 1 y 2, Enfermedades huérfanas, EPOC, Espondiloartropatía, Hemofilia y otros defectos congénitos de la coagulación, Hepatitis C crónica, Hipertensión arterial, Insuficiencia cardiaca, Lupus eritematoso sistémico, Materno perinatal, Menores expuestos, Otros autoinmunes, Oxigenodependientes, Riesgo cardiovascular avanzado, Salud mental, Tuberculosis farmacoresistente, Tuberculosis sensible, VIH/SIDA.

Desarrollo de software

El desarrollo de software es un proceso de aprendizaje social, este proceso es un diálogo en el que el conocimiento que debe convertirse en software se reúne e incorpora en éste. El proceso genera interacción entre usuarios y diseñadores, entre usuarios y herramientas cambiantes, y entre diseñadores y herramientas en evolución (tecnología).
(20)

Metodologías de desarrollo

En la actualidad existen una gran cantidad de metodologías para el desarrollo de software, separadas en dos grandes grupos; las metodologías tradicionales y las metodologías ágiles.

Las metodologías tradicionales se basan en las buenas prácticas dentro de la ingeniería del software. Estas metodologías tradicionales imponen una disciplina rigurosa de trabajo sobre el proceso de desarrollo del software, con el fin de conseguir un software más eficiente. Para ello, se hace énfasis en la planificación total de todo el trabajo a realizar y una vez que está todo detallado, comienza el ciclo de desarrollo del producto software. Se centran especialmente en el control del proceso, mediante una rigurosa definición de roles, actividades, artefactos, herramientas y notaciones para el modelado y

documentación detallada. Además, las metodologías tradicionales no se adaptan adecuadamente a los cambios, por lo que no son métodos adecuados cuando se trabaja en un entorno, donde los requisitos no pueden predecirse o bien pueden variar. (21)

Las metodologías ágiles, en cambio, representan una solución a los problemas que requieren una respuesta rápida en un ambiente flexible y con cambios constantes, haciendo caso omiso de la documentación rigurosa y los métodos formales. Las metodologías ágiles proporcionan una serie de pautas y principios junto a técnicas pragmáticas que hacen que la entrega del proyecto sea menos complicada y más satisfactoria tanto para los clientes como para los equipos de trabajo, evitando de esta manera los caminos burocráticos de las metodologías tradicionales, generando poca documentación y no haciendo uso de métodos formales. Estas metodologías ponen de relevancia que la capacidad de respuesta a un cambio es más importante que el seguimiento estricto de un plan. (21)

Metodología ágil LEAN STARTUP

Es un método de desarrollo ágil muy eficaz para proyectos a medio plazo: se concibe una idea, se programa y se lanza un prototipo que se ofrecen a un conjunto de personas para que lo prueben y poder analizar su comportamiento. Una vez analizado, se toman decisiones, se varía el rumbo, se desarrolla rápidamente y se repite el análisis con un nuevo prototipo. Después de una serie de iteraciones, se obtendrá un producto muy definido y que ha sido diseñado específicamente para cumplir el objetivo con el que fue concebido en función de las opiniones de los propios clientes finales. (21)

4.1.1 SIG

Aunque el término SIG no existía en 1854, el mapa que creó John Snow de las víctimas de cólera en Londres, permitía ver un patrón claro que nadie había observado todavía y, en última instancia, determinó la fuente del brote, también permitió formular preguntas y resolver problemas. Al momento de su aparición, la tecnología de los SIG fue considerada un instrumento que brindaba poder al estar asociado a la disponibilidad y manejo de

información, en este caso, información que ampliaba las anteriores perspectivas al incorporar la dimensión espacial (7).

Las representaciones referenciadas espacialmente podrían brindar respuestas claras y sintéticas a aspectos espaciales, los resultados parecieron mágicos, y la perspectiva espacial logró un muy buen prestigio al transformarse en una necesidad generalizada en muy poco tiempo (22).

Los Sistemas de Información Geográfica -SIG- permiten la captura, almacenamiento y procesamiento de grandes cantidades de datos de diversas fuentes, realizando así la gestión integral de la información, que puede generar diferentes escenarios para el análisis estratégico (23). Un SIG puede servir para la elaboración de mapas, modelos espaciales y datos estandarizados que facilitan el procesamiento de la información. La información espacial se almacena en diferentes softwares que procesan los datos espaciales a manera de puntos, redes, líneas, polígonos y áreas a las cuales se les otorgan valores que pueden ser geo-referenciados por el programa elegido

Se tienen según Ordoñez y Martínez, 2003 (24), los siguientes componentes para un software de SIG.

1. Base de Datos Geográfica (BDG)
2. Sistema Gestor de Bases de Datos (Database Management System, DBMS)
3. Sistema de entrada y manipulación de la información
4. Sistema de análisis geográfico
5. Sistema de presentación de la información

Existen según Rhind 1990 (25), soluciones que proporcionan un SIG.

1. Localización
2. Condición
3. Tendencias
4. Rutas
5. Pautas
6. Modelos

4.1.2 SIG y salud pública

Los SIG en salud pública involucran distintas actividades de diseño, desarrollo y uso de herramientas que son aplicadas a diferentes necesidades para la descripción de la situación de salud, para el análisis epidemiológico y para la gerencia de salud pública (26).

Los SIG son excelentes herramientas capaces de combinar datos demográficos como edad, sexo, etc, con datos de salud tales como tipos de enfermedades, incidencias, prevalencia, características clínicas o patológicas, etc. Se pueden obtener resultados tales como precisar las áreas de influencia de determinada enfermedad, la ocurrencia por edades, sexo o por determinadas condiciones del medio ambiente natural, la posibilidad que se presente en otras áreas por tener las mismas condiciones naturales o demográficas, etc.

4.1.3 Los SIG y el desarrollo de software

Teniendo en cuenta esta información los SIG se pueden aplicar en diferentes áreas como; planificación, ciencias medioambientales, ciencia política, comercio, gestión de la educación y asistencia sanitaria entre otros (27). Sabiendo que los SIG son versátiles para el entrenamiento y manejo de información georreferenciada, se convirtieron en herramientas indispensables en la toma de decisiones, ya que funciona como una base datos, que se asocia con un objeto en común, (objeto gráfico de los mapas digitales), al cual se le puede conocer o dar atributos.

Se tienen metodologías de desarrollo de software que son un conjunto de técnicas y métodos organizativos que se aplican para diseñar soluciones de software informático (28), Los objetivos de las diferentes metodologías es el de tratar de organizar los equipos de trabajo para que estos desarrollen las funciones de un programa de la mejor manera posible.

Hay varios tipos de metodologías en las tradicionales se cuenta con, waterfall ó cascada, prototipado, espiral, incremental y diseño rápido de aplicaciones (RAD), y se tienen varios ejemplos de metodologías ágiles como lo son; kanban, scrum, lean o programación extrema (XP). Una de las diferencias entre metodologías tradicionales y ágiles comienza

en las tradicionales donde se realiza paso a paso y sí se tiene un cambio se debe empezar de cero en muchas ocasiones, no hay una iteración que es lo que se ve en las metodologías ágiles en las cuáles hay un planteamiento, unos requerimientos y se dispone a una iteración y por último una puesta en marcha (29).

La razón más importante al momento de usar SIG es la facilidad de la gestión de información espacial , ya que permite separar información en diferentes capas, que después serán guardadas de forma independiente, permitiendo generar un flujo de trabajo más rápido y sencillo, esto le facilita al momento de la toma de decisiones, ya que se podrá relacionar la información existente a través de la topología geoespacial, esto se hace con la intención de poder generar nuevas capas con atributos compartidos ya unificados (29).

4.1.4 SIG y automatización de procesos

La automatización de procesos es la integración de aplicaciones de software, personas y procesos, a través de un flujo de trabajo definido. Al implementarla se logra eliminar errores, reducir costos y tiempos al hacer más eficientes las actividades, sustituyendo el trabajo manual con herramientas de software. Entre otros beneficios también se obtiene un retorno de la inversión dado el ahorro que representa, así como una ventaja competitiva al entregar productos y servicios a menor costo, más rápido y con mayor calidad (30). Los tipos de tareas que se pueden automatizar pueden ser mediante una secuencia de operaciones para modelar y analizar las relaciones espaciales complejas, por ejemplo, calcular las rutas óptimas a través de la red de transporte, predecir la ruta de un incendio, analizar y buscar patrones en ubicaciones de delitos, predecir qué áreas son propensas a derrumbes o predecir los efectos de inundación de una tormenta.

Teniendo en cuenta esto se utiliza el lenguaje de programación Python para la automatización de tareas las cuales anteriormente se realizaban de forma manual como los shapefiles, en este se utilizaron varias bibliotecas como pandas, numpy, geopandas, dash, psycpg2, cada uno para una función en específico y las cuales se explicarán a continuación.

Pandas: Es una biblioteca de código abierto que proporciona herramientas de análisis y manipulación de datos de alto rendimiento, podemos cargar, modelar, analizar, manipular

y preparar datos. La estructura básica de Pandas es un DataFrame, que puede usar para especificar índices y nombres de columnas. Para su instalación se utilizó el paquete pip install pandas (31).

Numpy: Es un paquete de python, la biblioteca principal para computación científica, proporciona arreglos y arreglos multidimensionales implementados por estructuras de datos, contiene una clase de objetos llamados arrays que permiten representar colecciones de datos del mismo tipo en diferentes dimensiones y es muy eficiente La función de procesamiento de. Una de las características de usar numpy es que ocupa menos espacio y es más rápido en Python (32).

Geopandas: Es una extensión de Python Pandas de código abierto para análisis geoespacial que complementa otras herramientas para generar planes de forma automatizada en una fracción del tiempo.

Dash: Dash es un marco de Python diseñado para crear aplicaciones web, pero también se usa ampliamente para crear visualizaciones porque le permite personalizar dashboards o cuadros de mando

Plotly: Plotly es una biblioteca libre destinada a la construcción de gráficas interactivas funcionales, y responsivas que ofrece más de 30 tipos diferentes de gráficas, entre los que se incluyen mapas (33).

Psycopg2 Es un adaptador PostgreSQL para el lenguaje Python implementado utilizando libpq. Permite la conexión a Postgres.

Otras herramientas de software que serán utilizadas son:

Rational rose: Rational Rose es una herramienta de diseño orientado a objetos que soporta el modelado visual, es decir, permite una representación gráfica del sistema, enfatiza los detalles más importantes, se enfoca en casos de uso y se enfoca en software de alta calidad, utilizando un estándar común. Este lenguaje facilita la comunicación (34).

Google APIs: Este es un conjunto de APIs desarrolladas por Google que permite la comunicación con aplicaciones de la empresa e integrarlas con otros servicios, tales como: motor de búsqueda, gmail, traducción de sesiones, Google Maps, aplicaciones de terceros pueden usar estas APIs para aprovecharlas o ampliar su funcionalidad. Por ejemplo, gracias a las API de Google Maps, puede incluir un mapa de su ubicación, mostrar la ubicación de su negocio y brindar la capacidad de trazar rutas allí (35).

API Distance Matrix: Proporciona la distancia y el tiempo de viaje entre los puntos de origen y de destino de una ruta recomendada.

API Static de Maps: Permite incorporar una imagen estática de Google Maps a tu sitio web, sin la necesidad de usar JavaScript o cualquier cargamento dinámico de la página.

Openpyxl. Nos sirve para importar la base de datos del formato en Excel para su manejo en Python, Geopandas y Numpy.

4.2 Marco Normativo

4.2.1 Ley

- **Ley 1581/2012:** Desarrolla el derecho constitucional que tienen todas las personas a conocer, actualizar y rectificar las informaciones que se hayan recogido sobre ellas en bases de datos o archivos, definiendo su ámbito de aplicación, sus principios rectores, las categorías especiales de datos, el procedimiento para el tratamiento de los datos, los derechos de los titulares de la información, las situaciones en que es y no es necesaria la autorización del titular, el deber de información que debe ejercerse frente al titular, el proceso para la corrección de información cuando sea necesario, los deberes de los responsables y/o encargados del tratamiento, así mismo la autoridad que velará por la vigilancia y sanción de los temas reglamentados en la presente Ley será la Superintendencia de Industria y Comercio, finalmente determina como operará la transferencia de datos a terceros países (36).

4.2.2 Decretos

1. **Decreto 1011/2006:** “Por el cual se establece el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud” (37).
2. **Decreto 2309/2002:** “Por el cual se define el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención de Salud del Sistema General de Seguridad Social en Salud” (38).
3. **Decreto 1377/2013:** Reglamenta parcialmente la Ley 1581 de 2012, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Asimismo, señala lo relacionado con el tratamiento de datos en el ámbito personal o

doméstico, definiciones, autorización, políticas de tratamiento, ejercicio de los derechos de los titulares, transferencias y transmisiones internacionales de datos personales y responsabilidad demostrada frente al tratamiento de datos personales (39).

4. **Decreto 886/2014:** Reglamenta el artículo 25 de la Ley 1581 de 2012, relativo al Registro Nacional de Bases de Datos, en el cual se inscribirán las bases de datos que contengan datos personales cuyo Tratamiento automatizado o manual se realice por personas naturales o jurídicas, de naturaleza pública o privada, en el territorio colombiano o fuera de él, en este último caso, siempre que al Responsable del Tratamiento o al Encargado del Tratamiento le sea aplicable la legislación colombiana en virtud de normas y tratados internacionales. Establece reglas sobre su obligatoriedad, consulta, información mínima, responsables, encargados, canales para ejercicio de derechos, nombre y finalidad, formas y política de tratamiento, plazos de inscripción, facultad y competencia sancionatoria, entre otras disposiciones (40).
5. **Decreto 1413/2017:** El tratamiento de datos personales, seguridad y privacidad de la información, estarán a cargo de los operadores de servicios ciudadanos digitales serán responsables del tratamiento de los datos personales de los ciudadanos además de esto, cada operador designará un encargado de protección de datos que acredite conocimientos especializados en la materia, que actuará de manera autónoma, imparcial e independiente (41).

4.2.3 Resoluciones

- **Resolución 1446/2006, Anexo Técnico 1:** “Por el cual se define el Sistema de Información para la Calidad y se adoptan los indicadores de monitoria del Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención en Salud” (42).

- **Resolución 471/2020:** “Por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia” (43).
- **Resolución 068/2005:** “Por la cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS” (44).

Resolución 715/2018: “Por medio de la cual se actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA – SIRGAS” (45).

5. Metodología

El desarrollo de software es complejo, sobre todo cuando se trata de grandes aplicaciones y equipos de trabajo. Ponerse a desarrollar un producto sin una metodología clara traerá consigo un proceso aún más complejo, que conducirá a problemas, retrasos, errores y, en definitiva, un mal resultado final. Una metodología de desarrollo de software permitirá reducir el nivel de dificultad, organizar las tareas y mejorar el resultado de las aplicaciones a desarrollar (46).

El presente trabajo se realizará con una de la metodología ágil Lean Startup procedente de la industria del software, la cual se trata de trabajar mano a mano con el desarrollo de clientes, desarrollando el producto de forma iterativa e incremental, lo que lleva a tener más en cuenta al cliente mediante la retroalimentación hecha por éste, teniendo clara la idea inicial y aprendiendo a introducir los cambios necesarios para adaptarlos o seguir por la misma línea (47).

Historia de usuario.

Una historia de usuario describe la funcionalidad que será evaluada por un usuario de un sistema o software y se compone de 3 aspectos básicos y fundamentales:

- Un título de la historia o funcionalidad que deberá dar una breve introducción del requerimiento.
- Una descripción o detalle que busca enriquecer el título de la historia y proveer información para la construcción del requerimiento.
- Documentos o test que permitan determinar cuando la historia se ha finalizado de manera exitosa.

En resumen, las historias de usuario representan los requerimientos del cliente más allá de documentarlos, ver: **(Tabla 2)** y **(Tabla 3)**

Diccionario de base de datos. (Demográficos básicos)

Los indicadores relacionados con los diferentes sucesos demográficos se desglosan en función de las siguientes características de la población:

Tabla 1. Demográficos básicos

| Variable | Definición | Tipo de respuesta |
|---------------------|--|--|
| Sexo | El sexo se refiere al sexo biológico de la persona. Según la OMS, el "sexo" hace referencia a las características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres. De acuerdo con esta descripción, la OMS considera que "hombre" y "mujer" son categorías de sexo, mientras que "masculino" y "femenino" son categorías de género (48). | Sexo: - Masculino - Femenino |
| Edad | Tiempo que ha vivido una persona o ciertos animales o vegetales (49). | Edad: Dato numérico de años cumplidos. Ej. (28 años) |
| Lugar de residencia | Casa donde conviven y residen, sujetándose a determinada reglamentación, personas afines por la ocupación, el sexo, el estado, la edad, etc. (50). | Lugar de residencia: Dirección exacta de la residencia donde vive. Ej. (Cra 46 #23 – 31) |
| Ámbito geográfico | Los indicadores se proporcionan indicadores demográficos nacionales, autonómicos, provinciales y municipales | Ámbito geográfico: País, departamento, municipio, vereda, corregimiento, etc. |

Para resolver el objetivo específico 1.

Diseñar un modelo de base de datos para el almacenamiento de los usuarios que presentan una o más patologías indicadas dentro de las 24 cohortes que maneja Savia Salud EPS:

Para este objetivo se realiza el levantamiento de información a través de Lean Startup, generamos varias reuniones con Savia Salud EPS si el producto que se ha venido entregando cumple con las necesidades requeridas. Se enseña el producto y se realizan verificaciones con el fin de ir construyendo el producto final.

Para resolver el objetivo específico 2.

Prototipar un algoritmo para la estandarización de información y creación de informes geográficos, de acuerdo a la georreferenciación que se tiene de las direcciones de los usuarios que hacen parte de las 24 cohortes de Savia Salud EPS:

Para este objetivo se realiza el prototipo usando el lenguaje Python por sus ventajas y versatilidad en cuanto a bibliotecas, entornos de trabajo y velocidad de escritura etc. Este prototipo consume el api de Postgres y realiza una representación en entorno web.

Para resolver el objetivo específico 3.

Construir un tablero de informes dinámico que permita la visualización y salida de datos de los diferentes niveles geográficos y también la georreferenciación de los usuarios de las 24 cohortes de la EPS.

El tablero se entrega en entorno web debido a la facilidad de integración, este permite que el usuario final acceda a dicho informe a través de navegador y sin usar software adicional. Se utiliza Python el cual es un lenguaje de programación interpretado, multiparadigma que soporta programación orientada a objetos, programación imperativa y en menor medida programación funcional, para apoyar todos los procesos de automatización con diferentes bibliotecas como pandas, la cual crea un filtro para retirar los valores nulos de la columna longitud y así solo poder trabajar con los datos requeridos, Pygis con esta se puede automatizar tareas como añadir y borrar elementos de una capa

o tabla, crear geometrías nuevas o exportar un mapa a PDF, Openpyxl nos sirve para importar la base de datos del formato en Excel para su manejo en Python, Geopandas y Numpy.

Mapa por regiones



Figura 1. Mapa por regiones del departamento de Antioquia

Antioquia es un departamento de subregiones, que se diferencian por sus características geográficas y geomorfológicas, así como, por sus patrones de desarrollo que han ido configurando territorios con condiciones sociales, culturales económicas y ambientales diferenciales.

Las dinámicas de estos territorios han conllevado a su reconfiguración, actualmente contando con 125 municipios que se agrupan en nueve subregiones. Estas a su vez se subdividen en 27 zonas por sus características geográficas, proximidad, vías de acceso y afinidad cultural. Las subregiones son: Bajo Cauca, Magdalena Medio, Nordeste, Norte, Occidente, Oriente, Suroeste, Urabá y Valle de Aburrá (Gobernación de Antioquia, 2020) (51).

6.Resultados

El resultado que se ha obtenido con el proyecto fue el desarrollo de la aplicación con todos los requerimientos hechos por Savia Salud EPS, principalmente el de obtener información geográfica con gran nivel de detalle que partiendo de la localización por la dirección indicada por el usuario para el mejoramiento de la toma de decisiones.

6.1 Resultados Objetivo 1.

6.1.1 Historias de usuarios

¿Qué es una historia de usuario?

Las historias de usuario son formas rápidas de administrar los requisitos de los usuarios sin tener que elaborar gran cantidad de documentos formales y sin requerir mucho tiempo para administrarlos. Las historias de usuario permiten responder rápidamente a los requisitos cambiantes:

Como <Usuario>

Puedo <algún objetivo>

Para <motivo> (52).

6.1.2 Historia de usuario del proyecto

Tabla 2. Historia de Usuario del administrador de los datos

| HISTORIA DE USUARIO ADMINISTRADOR | |
|-----------------------------------|----------------------------|
| Código | SAVIAGEO1 |
| Nombre | Administrador de los datos |
| Responsable | GESIS |

| | |
|-------------|---|
| Descripción | <p>Como: Administrador y usuario</p> <p>Puede: Editar, visualizar</p> <p>Para: Conocer el estado actual de las cohortes de la EPS en el departamento y ver fallas en el sistema</p> |
| Prioridad | Media |
| Observación | Con el fin de mejorar la toma de decisiones |

Tabla 3. Historia de Usuario del consultor de los datos

| HISTORIA DE USUARIO CONSULTOR | |
|-------------------------------|---|
| Código | SAVIAGEO1 |
| Nombre | Consultor |
| Responsable | GESIS |
| Descripción | <p>Como: visualiza los datos</p> <p>Puede: acceder a los datos a través del control del sistema. También puede visualizar lo datos en una escala por subregiones.</p> <p>Para: Conocer el estado actual de las cohortes de la EPS en el departamento.</p> |
| Prioridad | Alta |
| Observación | Visualizar el estado de los programas en las subregiones del departamento |

6.1.4 Modelo de la base de datos

Respecto al modelo de base de datos al momento de la entrega de la base de datos, al procesamiento de estos y la salida de los datos, ver: **Figura 2.** (53).

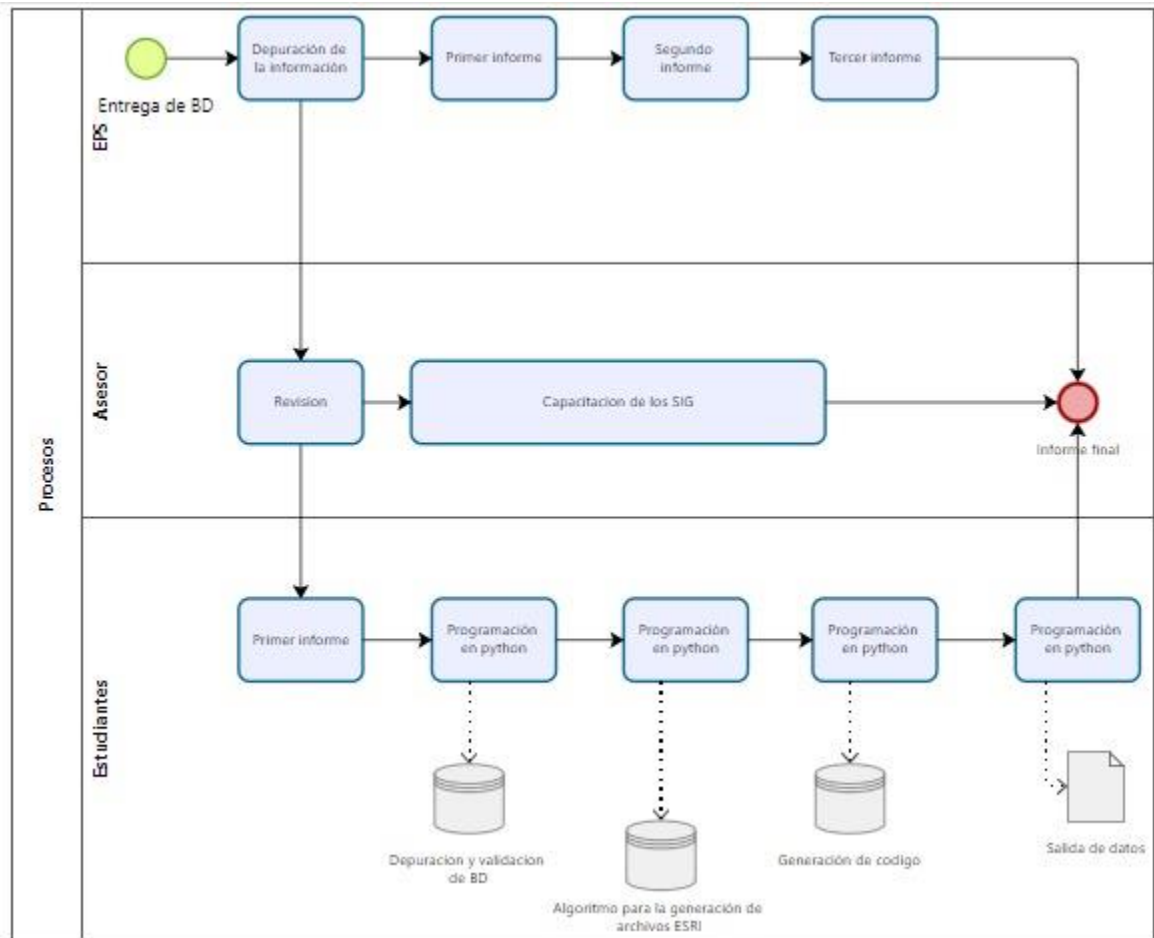


Figura 2. Modelo de la base de datos del proyecto

6.1.5 Diagrama de clases Objetivo específico 1

En este se describe el sistema y los tipos de relaciones que tienen las categorías utilizadas en el proyecto.

Diagrama de clases

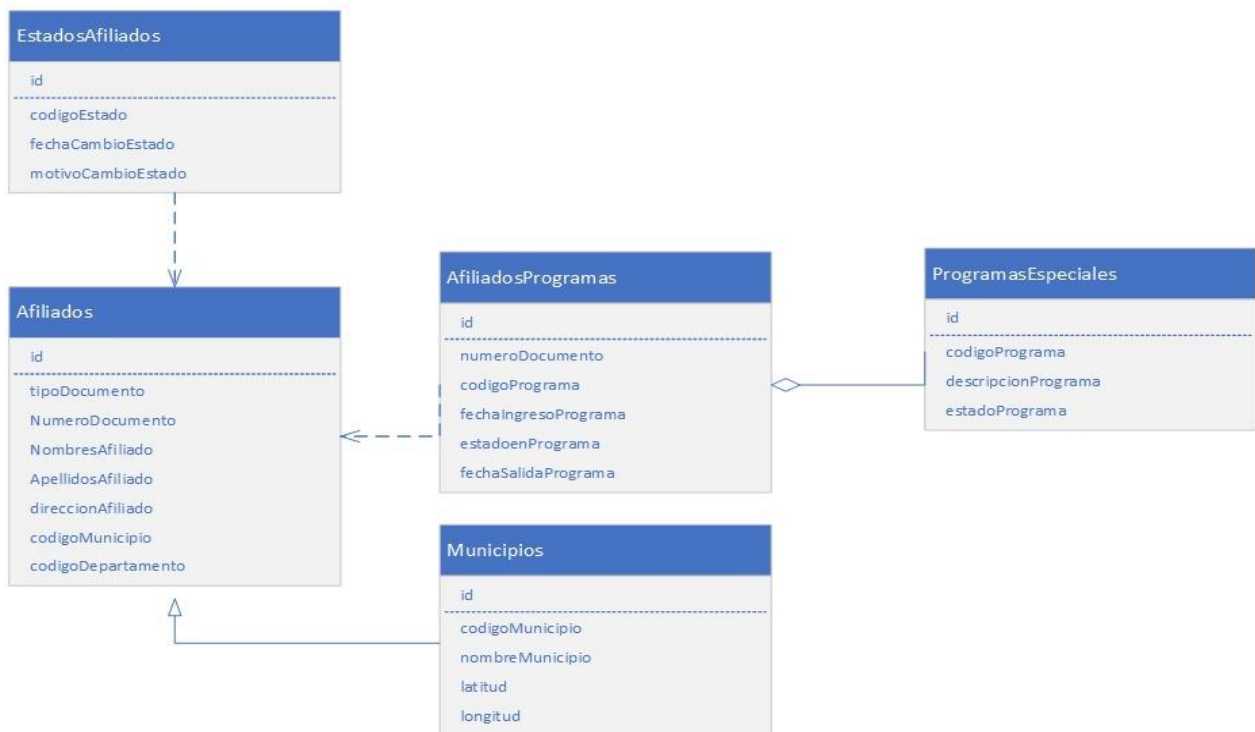


Figura 3. Diagrama de clases Objetivo específico 1

6.2 Resultados objetivo 2.

6.2.1 Prototipo de dashboard

Estructura general.

El entorno de desarrollo del proyecto se resumen en los siguientes modulos, ver:

Figura 3. (54).

- **Bd:** Se tiene como base para leer las credenciales del archivo JSON, se tienen los argumentos `*args` y `**kwargs` en las llamadas a las funciones de python. Se consultan las diferentes geometrias de los municipios, se realizan las consultas para poblar las cartografias.
- **BdContadores:** Se registran las consultas para los diferentes filtros como genero, enfermedad/programa y subregion con los diferentes consultas a realizar una por una, se tiene la consulta para los pacientes unicos y las posibles combinaciones de consultas.
- **BdPiramide:** Se realizan las consultas para poblar la grafica de la piramide poblacional con sus diferentes combinaciones de consulta.
- **Main:** Se encuentra el codigo para el cargue de bases de datos desde CSV para generos, enfermedades y subregiones ya que estos son datos que no cambian se crean están bases para hacer el codigo mas rapido. Se crearon los diferentes filtros, las figuras empleadas para la visualización del proyecto, la construcción del mapa, la tabla de datos y los controladores o contadores para la visualización de los datos.

```
    ],
    className="header",
  ),
# ----- drop down -----
html.Div(
  children=[...], # cierra Children externo
  className="menu",
),
# -----Fin drop down -----

# ----- Inicio Body -----

# ----- CONTADORES -----

html.Div(
  id="contadorUnicos"
  , className="contadoresCss",
),

# ----- FIGURAS -----

html.Div(
  children=[...], className="wrapper",
```

Figura 4. Estructura general del prototipo del proyecto

Filtros.

Al seleccionar una de las pestañas de las variables que tenemos, nos da la opción de filtrarlos ya sea por género, enfermedad, o subregión, con esto, se mostrarán dichos pacientes que tengan las características requeridas (55). Los filtros que se crearon en el proyecto fueron:

- Género: Con este es posible seleccionar por hombres o mujeres según la opción deseada por el usuario final.
- Enfermedad: Se encuentran los 24 programas o enfermedades trabajados en el proyecto para Savia Salud EPS, acá se puede identificar los diferentes pacientes por alguna enfermedad o programa en específico.
- Subregión: En el departamento de Antioquia se cuenta con 9 subregiones: Bajo Cauca, Magdalena medio, Nordeste, Norte, Occidente, Oriente, Suroeste, Urabá y Valle del aburra, al seleccionar cualquiera de estas subregiones se puede observar igualmente los municipios que lo conforman con su identificación y cantidad de pacientes registrados.

```
dropdown 1
html.Div(
  children=[
    html.Div(
      children=[
        html.Div(children="Género", className="menu-title"),
        dcc.Dropdown(
          id="genero-filter",
          options=[
            {"label": genero, "value": genero}
            for genero in datalg.genero.unique()
          ],
          value="X",
          clearable=True,
          searchable=True,
          className="dropdown",
          placeholder="Filtrar por Género",
          style={"width": "210px", "margin-left": 0},
        ),
      ],
    ),
  ], # dropdown 2
)
html.Div(
  children=[
    html.Div(children="Enfermedad", className="menu-title"),
    dcc.Dropdown(
      id="enfermedad-filter",
      options=[
        {"label": enfermedad, "value": enfermedad}
        for enfermedad in datale.enfermedad.unique()
      ],
      value="Y",
      clearable=True,
      searchable=True,
      className="dropdown",
      placeholder="Filtrar por Enfermedad",
      style={"width": "290px", "margin-left": 0},
    ),
  ],
),
```

Figura 5. Programación del código necesario para los filtros

| Total Registros | | Registros Unicos | |
|-----------------|--|------------------|--|
| 413525 | | 259694 | |

Figura 6. Vista de los filtros en el prototipo del proyecto

Mapa por regiones.

En el mapa se puede visualizar la totalidad de los pacientes relacionados a cualquiera de los 24 programas de alto costo de Savia Salud EPS en los 125 municipios o 9 subregiones del departamento, En este mapa podremos ver la georreferenciación de los pacientes de la EPS no solo por subregión sino por municipio.

```
# CONTRUYENDO EL MAPA 17 56
@app.callback(
    [Output("fig_map", 'figure'),
     Input("enfermedad-filter", "value"), Input("genero-filter", "value"), Input("subregion-filter", "value"), ])
def display_mapa(enfermedad, genero, subregion):
    # print("enf:", enfermedad, "sub:", subregion, "gen:", genero)
    if genero == 'Hombre':
        genero = 'M'
    elif genero == 'Mujer':
        genero = 'F'
    else:
        genero = "X"

    if enfermedad == "{}" or enfermedad == None:
        enfermedad = "Y"
    else:
        enfermedad

    if subregion == "{}" or subregion == None:
        subregion = "Z"
    else:
        enfermedad
```

Figura 7. Programación del código necesario para visualizar el mapa del departamento de Antioquia por subregiones

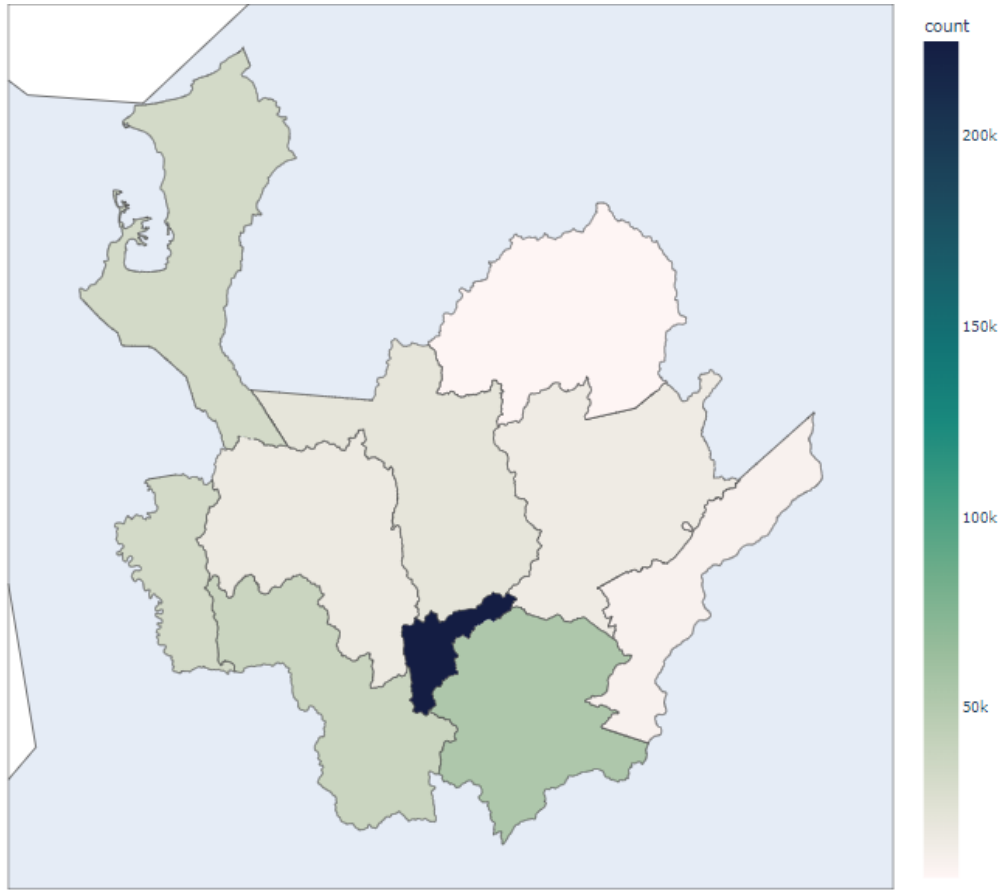


Figura 8. Vista del mapa del departamento de Antioquia por regiones

Distribución por ciclo de vida.

Se tiene la distribución de los 24 programas por ciclo de vida en los cuales se ve la totalidad de los pacientes por enfermedad y si se genera algún tipo de selección en los filtros esta automáticamente se actualiza según la selección escogida en la parte inicial (56).

```
# RETORNO DATOS FILTRO POR GENERO & ENFERMEDAD/PROGRAMA
def queryGrupoEdadesFGES(genero, enfermedad, subregion):
    try:
        cursor = conexion.cursor()
        cursor.execute(f''' SELECT u.descripcion_programa
            , COUNT(*) FILTER (WHERE u."categoriaEdad" = 'Primera Infancia') AS "Primera Infancia"
            , COUNT(*) FILTER (WHERE u."categoriaEdad" = 'Infancia') AS Infancia
            , COUNT(1) FILTER (WHERE u."categoriaEdad" = 'Juventud') AS "Juventud"
            , COUNT(1) FILTER (WHERE u."categoriaEdad" = 'Adolescencia') AS "Adolescencia"
            , COUNT(1) FILTER (WHERE u."categoriaEdad" = 'Adultez') AS "Adultez"
            , COUNT(1) FILTER (WHERE u."categoriaEdad" = 'Persona Mayor') AS "Persona Mayor"
        FROM public.usuariosdef u
            inner join municsubregion ms
                on u.cod_mpio = ms.cod_mpio
            inner join subregiones s
                on ms.cod_reg1= s.cod_reg
            inner join enfermedadavista e
                on u.codigo_programa =e.codprograma
        WHERE u.estado_afiliacion = 'ACTIVO'
        AND u.estadoenprograma = 'Activo'
        AND e.vista = 'SI'
        AND genero = '{genero}'
        AND s.nombre = '{subregion}'
        AND e.descripcion_vista = '{enfermedad}''')
```

Figura 9. Programación del código necesario para visualizar la distribución por ciclo de vida.

| Programa | Primera Infancia | Infancia | Juventud | Adolescencia | Adultez | Persona Mayor |
|---|------------------|----------|----------|--------------|---------|---------------|
| Anticoagulados | 1 | 3 | 36 | 1 | 762 | 2000 |
| Asma | 1136 | 991 | 1181 | 439 | 3020 | 1724 |
| Diabetes especializadas | 2 | 12 | 120 | 33 | 1736 | 3475 |
| Diabetes Mellitus | 4 | 69 | 414 | 51 | 21004 | 53335 |
| Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica | 49 | 28 | 83 | 10 | 2828 | 18503 |
| Enfermedad Renal Crónica Estadios 1 y 2 | 1 | 3 | 49 | 0 | 589 | 2228 |
| Enfermedades Huérfanas | 72 | 51 | 97 | 30 | 236 | 91 |
| Hemofilia y otros defectos congénitos de la coagulación | 2 | 17 | 50 | 14 | 70 | 21 |
| Hepatitis C Crónica | 0 | 0 | 4 | 0 | 43 | 12 |
| Hipertensión Arterial | 195 | 144 | 921 | 78 | 56288 | 133196 |

Figura 10. Vista de la distribución por ciclo de vida

Pirámide poblacional.

Para la construcción de este gráfico se tuvieron en cuenta bibliotecas como: psycopg2 y pandas.

Con estas se generó la construcción inicialmente del gráfico histograma basandonos en la biblioteca de Numpy; como se requería finalmente una piramide poblacional se toma como ejemplo la construcción del histograma, pero se modifica para que finalmente quede la piramide poblacional en la que se puede observar la información pertinente(57).

```
# RETORNO DATOS FILTRO POR GENERO & ENFERMEDAD/PROGRAMA
def queryGrupoPiramideFES(enfermedad,subregion):
    try:
        cursor = conexion.cursor()
        cursor.execute(f''' SELECT  e.id,e.rango
                                , COUNT(*) FILTER (WHERE u.genero = 'M') AS M
                                , COUNT(*) FILTER (WHERE u.genero = 'F') AS F
                                FROM usuariosdef u
                                INNER JOIN edadrango e
                                ON u."edadNum" =e.edad
                                INNER JOIN enfermedadvista ev
                                ON ev.codprograma = u.codigo_programa
                                INNER JOIN municsubregion m
                                ON m.cod_mpio =u.cod_mpio
                                WHERE  ev.descripcion_vista ='{enfermedad}'
                                AND m.nombre = '{subregion}'
                                AND u.estado_afiliacion = 'ACTIVO'
                                AND ev.vista = 'SI'
                                AND u.estadoenprograma = 'Activo'
                                GROUP BY e.id ,e.rango
                                ORDER BY e.id;
                                ''')
        usuariosGedad = cursor.fetchall()
        usuariosGedad = pd.DataFrame(data=usuariosGedad)
```

Figura 11. Programación del código necesario para visualizar la piramide poblacional

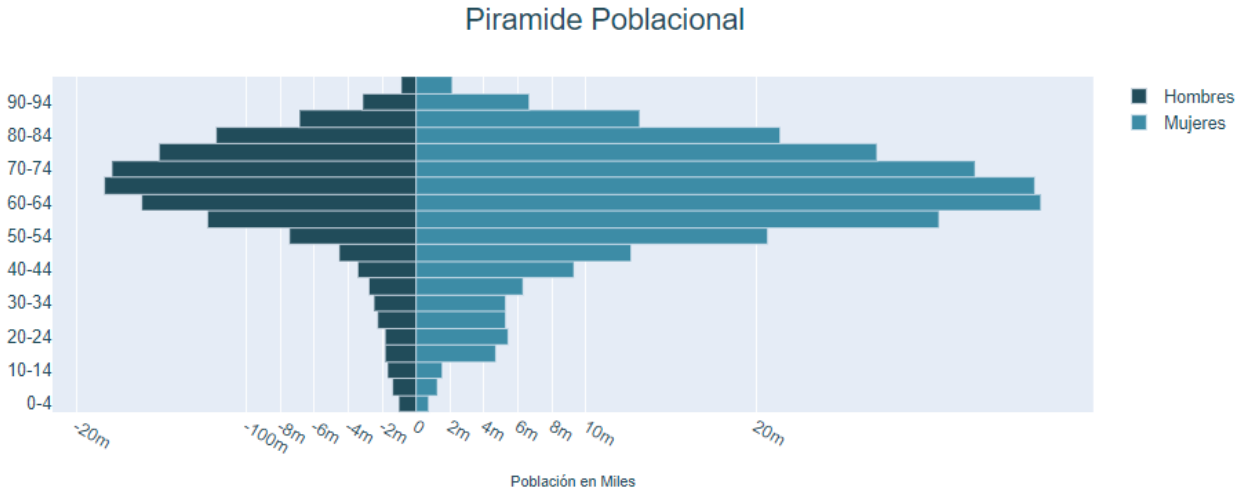


Figura 12. Vista de la pirámide poblacional

6.2.2 Diagrama general de la solución para el Objetivo específico 2

En este se representa gráficamente la solución para el objetivo específico 2.

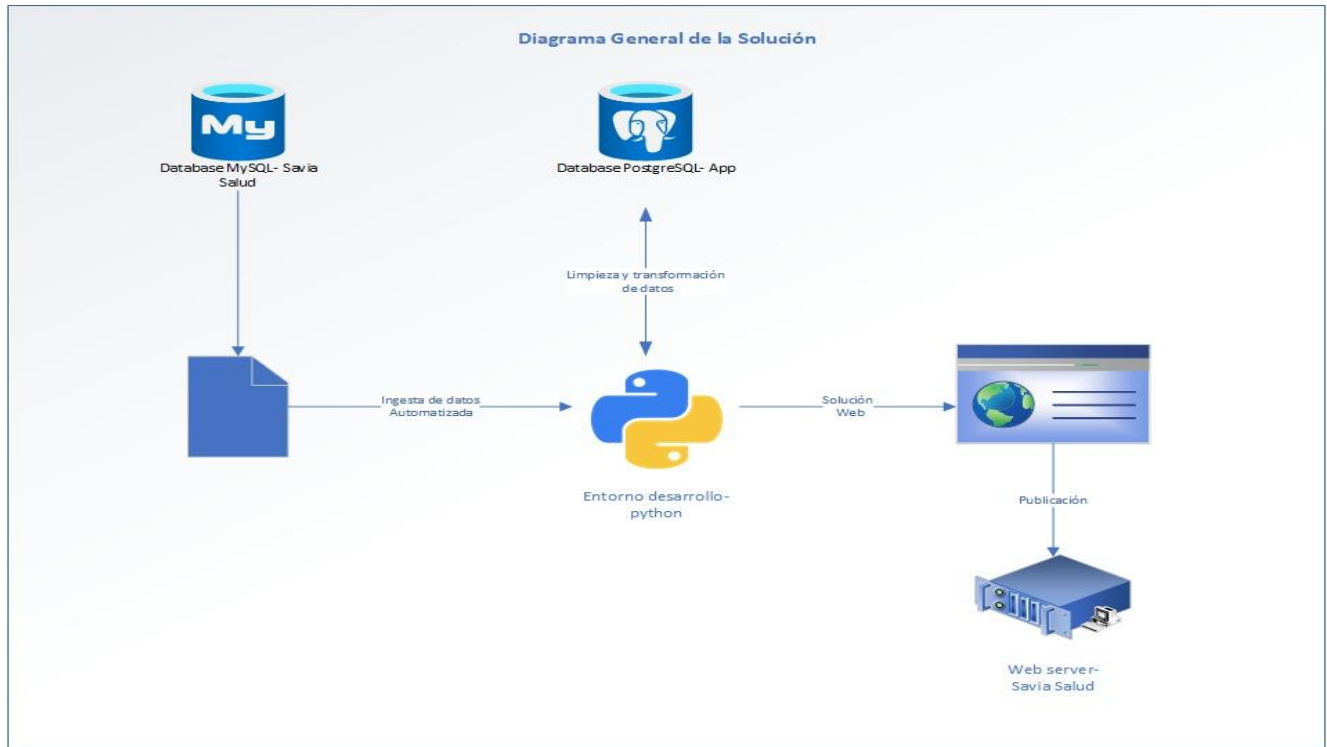


Figura 13. Diagrama general solución objetivo específico 2

6.3 Resultados objetivo 3.

6.3.1 Manual de uso del dashboard

Filtros de variables.



Figura 14. Vista de los filtros de las variables en el dashboard

Al seleccionar una de las pestañas de las variables que tenemos, nos da la opción de filtrarlos ya sea por género, enfermedad, o subregión.

Si se selecciona solo por género, se mostrarán los pacientes totales que se tienen en el departamento.

Por ejemplo: si se selecciona el género masculino, se mostrarán todos los pacientes hombres que hay registrados en el departamento.

Si se selecciona por un género en específico y por alguna de las enfermedades, se mostrarán dichos pacientes registrados en las bases de datos según dicho filtro que se les realice.

Si se selecciona por un género en específico, por alguna de las enfermedades y por una subregión del departamento, se mostrarán dichos pacientes que tengan las características requeridas.

Contadores

| Total Registros | Registros Unicos |
|-----------------|------------------|
| 413525 | 259694 |

Figura 15. Vista de los contadores de los registros de los pacientes

En los contadores, tenemos el total de registros la cantidad de pacientes que tienen una o más enfermedades en el departamento de Antioquia.

También, en los registros únicos se observa la cantidad de pacientes que en este caso solo presentan una enfermedad, es decir, no se cuenta con el paciente duplicado, si este tiene más enfermedades.

Mapa por regiones

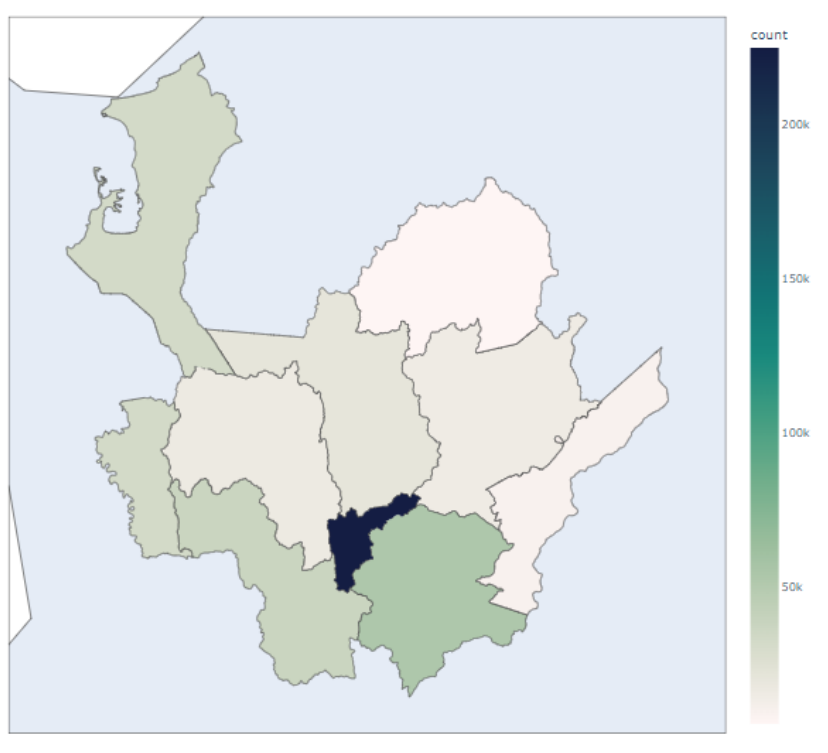


Figura 16. Vista del mapa por regiones del departamento de Antioquia en el dashboard

Se pueden visualizar las 9 subregiones que tiene el departamento de Antioquia, si se desliza el mouse sobre el mapa se puede observar en cada una de las subregiones el siguiente detalle:

- Nombre de la subregión
- Código de la subregión
- Cantidad de pacientes geocodificados en esa subregión

Al seleccionar una de las subregiones en el filtro, se puede indicar que solo va a traer dicha subregión al ser seleccionada y con ella sus diferentes municipios que al igual nos trae la información anteriormente mencionada.

En el mapa también se puede visualizar la totalidad de los pacientes relacionados a cualquiera de los 24 programas de alto costo de Savia Salud EPS.

En este mapa podremos ver la georreferenciación de los pacientes de la EPS no solo por subregión sino por municipio, al no encontrar alguno de los programas en este caso el municipio no se mostrará en el mapa, ya que no se tiene registro alguno de dichos pacientes.

Distribución por ciclo de vida de los pacientes.

| Programa | Primera Infancia | Infancia | Juventud | Adolescencia | Adultez | Persona Mayor |
|---|------------------|----------|----------|--------------|---------|---------------|
| Anticoagulados | 1 | 3 | 36 | 1 | 762 | 2000 |
| Asma | 1136 | 991 | 1181 | 439 | 3020 | 1724 |
| Diabetes especializadas | 2 | 12 | 120 | 33 | 1736 | 3475 |
| Diabetes Mellitus | 4 | 69 | 414 | 51 | 21004 | 53335 |
| Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica | 49 | 28 | 83 | 10 | 2828 | 18503 |
| Enfermedad Renal Crónica Estadios 1 y 2 | 1 | 3 | 49 | 0 | 589 | 2228 |
| Enfermedades Huérfanas | 72 | 51 | 97 | 30 | 236 | 91 |
| Hemofilia y otros defectos congénitos de la coagulación | 2 | 17 | 50 | 14 | 70 | 21 |
| Hepatitis C Crónica | 0 | 0 | 4 | 0 | 43 | 12 |
| Hipertensión Arterial | 195 | 144 | 921 | 78 | 56288 | 133196 |

« < 1 / 3 > »

Figura 17. Vista de la distribución por ciclo de vida de los pacientes en el dashboard

En esta, se tiene clasificados 6 ciclos de vida:

- Primera infancia (0 – 5 años)
- Infancia (6 – 11 años)
- Adolescencia (12 - 18 años)
- Juventud (14 – 26 años)
- Adultez (27 – 59 años)
- Persona mayor (60 años y más)

Se tiene la distribución de los 24 programas por ciclo de vida en los cuales se ve la totalidad de los pacientes por enfermedad y si se genera algún tipo de selección en los filtros esta automáticamente se actualiza según la selección escogida en la parte inicial.

Esta tabla de distribución de ciclo de vida se pueden generar informes en los cuales la EPS puede intervenir de manera positiva en la población a comienzos de edad para que se vea afectada en su ciclo continuo de vida lo que conlleva a estrategias en salud pública mejorando la calidad de vida de sus pacientes a futuro.

En esta tabla se visualizan los periodos principales de los 24 programas en el que se puede ver el origen y fin de los diferentes ciclos de vida, por ende, se puede observar donde se concentra la mayor población para dicha enfermedad.

Piramide poblacional

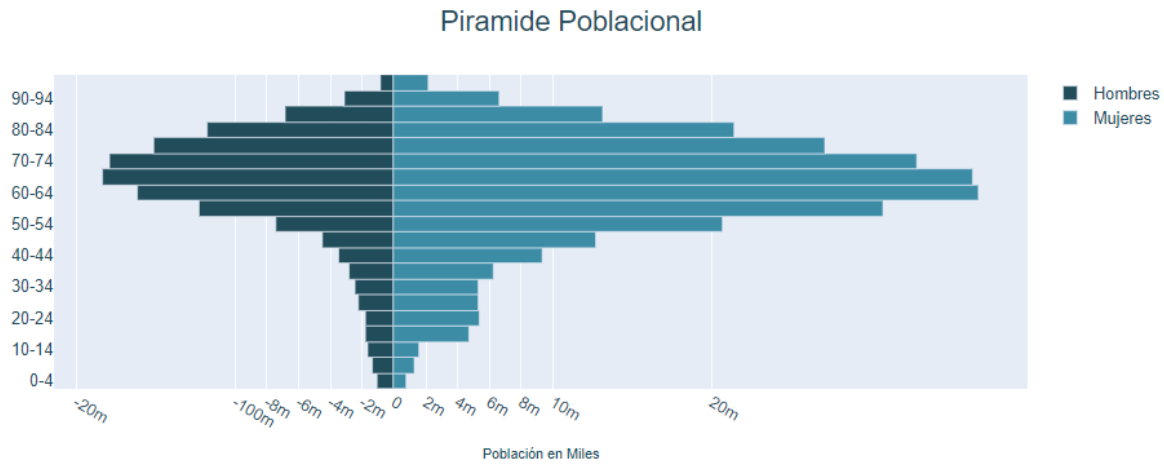


Figura 18. Vista de la piramide poblacional en el dashboard

Inicialmente para la población de Savia Salud EPS se cuenta con una pirámide poblacional de tipo regresiva, como se puede evidenciar en la gráfica se tiene una estrechez en la base y una anchura en el centro y en la cima de esta, lo que representa una estructura madura o envejecida, teniendo en cuenta que la esperanza de vida es cada vez mayor y la natalidad cada vez menor.

Esta pirámide es desigual por sexo ya que se tiene a las mujeres con un mayor nivel de supervivencia que los hombres.

La pirámide por sí sola no da respuestas, por ende, esta es cambiante cada vez que se da una selección ya sea por programa o por subregión o la combinación de ambas.

Teniendo en cuenta estos cambios la pirámide poblacional reflejaría fenómenos diferentes que modelan en contorno y fijan el tamaño de una población según la selección realizada.

6.3.2 Diagrama de flujo Objetivo específico 3

En este se representa gráficamente los procesos del proyecto, también el paso a paso que siguen los procesos desde que se inicia hasta que se termina.

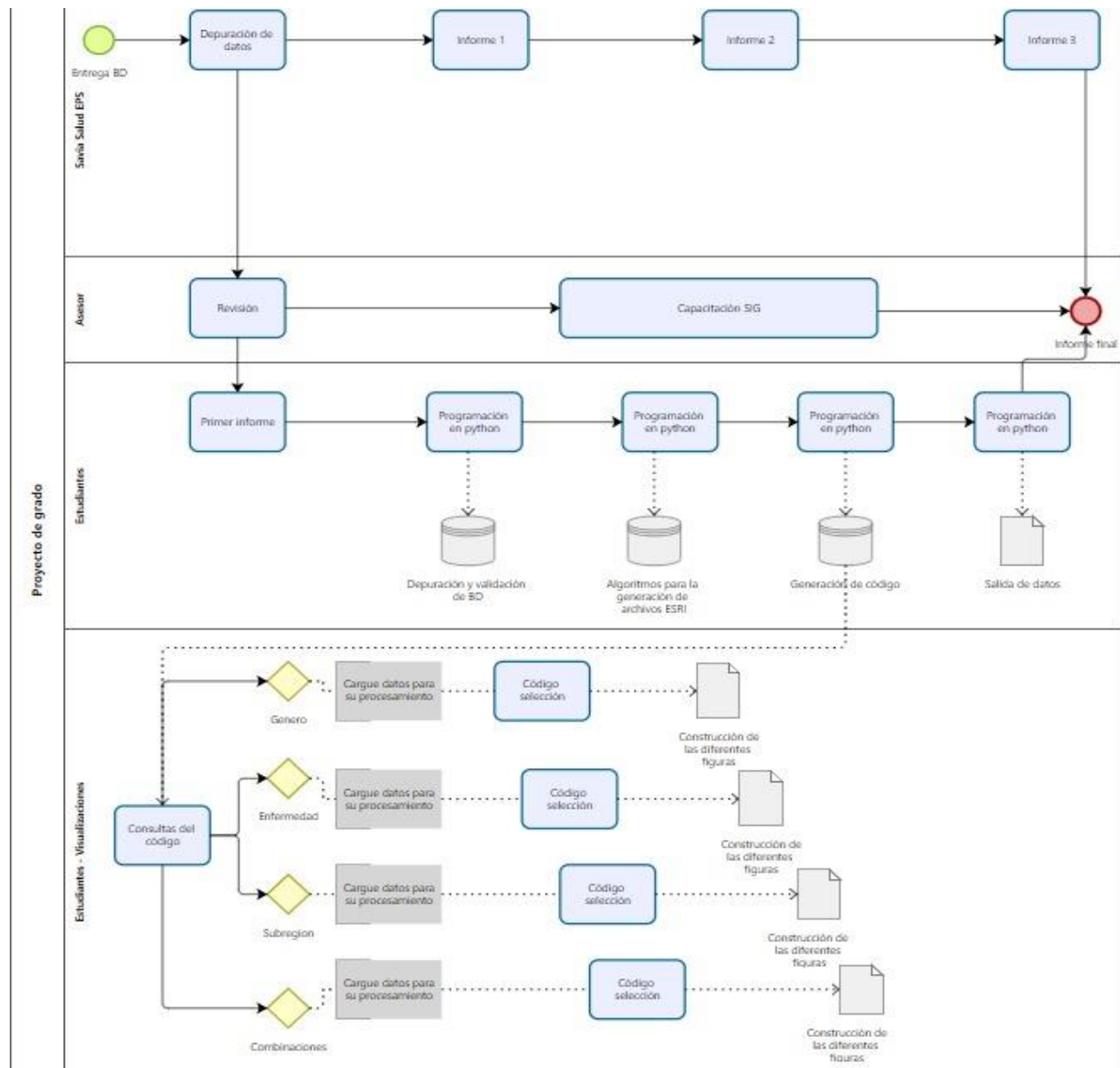


Figura 19. Diagrama de flujo Objetivo específico 3

7. Hallazgos

- Para la población entregada por Savia Salud EPS se encontró un error en los registros de la enfermedad –Materno perinatal, ya que se encontraron 9 pacientes masculinos registrados en dicho programa.
- Savia Salud EPS actualmente se encuentran en una actualización de datos de su población, pero aun su población tiene registros con direcciones no georreferenciables lo que hace que para este tipo de inconvenientes se georreferencie en un punto medio del municipio.
- De los 24 programas de Savia Salud EPS la concentración mayor de la población se registra en: hipertensión arterial en personas mayores, seguido de las personas con diabetes mellitus en personas mayores y la insuficiencia cardiaca (falla cardiaca) en personas mayores.
- De los 24 programas de Savia Salud EPS la concentración menor de la población se registra en: Tuberculosis fármaco-resistente, seguido de hepatitis C crónica y VIH Sida menores expuestos
- La mayor concentración de la población para la EPS Savia Salud se encuentra en las mujeres con un 67,6% mientras que la población masculina tiene un 32,4%
- La mayor concentración de la población por subregiones para Savia Salud EPS se concentra en el Valle de Aburra con un 52,0%, teniendo al municipio de Medellín con la mayor concentración de pacientes por municipio, a este le sigue la subregión de Oriente con un 12,9% teniendo al municipio de Rionegro con la mayor concentración de pacientes por municipio. Por último, se tiene a la subregión del suroeste con un 9,6%, teniendo al municipio de Andes con la mayor concentración de pacientes por municipio.
- La menor concentración de la población por subregiones para Savia Salud EPS se encuentra en el Bajo cauca con un 1,4%, seguido de Magdalena medio con un 2,3% y terminando con la subregión del Nordeste con un 3,6%

8.Conclusiones

Desde el comienzo del proyecto se vio la necesidad de crear un sistema que permitiera visualizar y conocer la ubicación exacta de todos los pacientes que hacen parte de los 24 programas de alto costo de Savia Salud EPS, pues ellos, no contaban con un aplicativo similar que los llevara a mejorar la toma de decisiones en cuanto a estos pacientes. Con el trabajo realizado y ya teniendo en cuenta la dirección de sus pacientes se puede lograr una atención eficaz y oportuna a todas las personas que son atendidos en estos programas.

Savia Salud EPS al utilizar la aplicación no solamente optimizará diferentes procesos, sino que atenderá y mejorará la vida de muchas personas de quienes no se tenía conocimiento de donde se encontraban localizadas específicamente.

Con la realización de este trabajo de grado se logró el aprovechamiento de diferentes tecnologías que ayudaron a que este proyecto se desarrollara de la mejor forma y se cumpliera adecuadamente los objetivos planteados en un principio.

Al finalizar el proyecto, podemos ver que el desarrollo de este tipo de sistemas garantiza un apoyo importante para el área de gestión del riesgo de la EPS permitiéndoles sacar el mejor provecho y de esta manera poder brindar atención en salud de calidad a las personas que hacen parte de los programas y padecen algún tipo de estas enfermedades.

También, vemos como estos conceptos y todo lo que abarcó la realización del proyecto contribuyeron conocimientos en distintas áreas del ejercicio profesional como la programación, la manipulación de bases de datos, los sistemas de información, el desarrollo web, entre otros; siendo un complemento importante para la formación y la teoría en el estudio de Gerencia de Sistemas de Información en Salud.

9. Bibliografía

1. Ascuntar-Tello J, Jaimes F. Ronda clínica y epidemiológica: sistemas de información geográfica (SIG) en salud. *Iatreia*. 2016 Ene-Mar;29(1):97-103.
2. Cerda L Jaime, Valdivia C Gonzalo. John Snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna. *Rdo. niño infectol*. [Internet]. agosto de 2007 [citado el 2 de febrero de 2022]; 24 (4): 331-334. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182007000400014&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182007000400014>.
3. Carreto Bernal F. XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina: Estableciendo puentes en la geografía latinoamericana. San José, Costa Rica, 25 al 29 de julio 2011. *Investigaciones geográficas* [Internet]. 2011 [citado 8 enero 2022];(76):151 -. Disponible en: <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/29886/41942>
4. Módulo geográfico del SISPRO apoya la garantía de la información en salud [Internet]. Ministerio de salud. 2012 [citado 4 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Modulo-geografico-del-SISPRO.aspx>
5. Molina AM, Lopez LF, Villegas GI. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL. *REVISTA EIA* [Internet]. 2005 [citado 8 enero 2022];(4):21 -. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n4/n4a03.pdf>.
6. Saavedra NS. Los sistemas de información geográfica (SIG) una herramienta poderosa para la toma de decisiones. *Ing e Investig* [Internet]. 1992 Sep 1 [cited 2022 Jan 29];0(28):31–40. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingainv/article/view/20790>

7. BUZAI GD, ROBINSON DJ. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN AMÉRICA LATINA (1987-2010). UN ANÁLISIS DE SU EVOLUCIÓN ACADÉMICA BASADO EN LA CONFIBSIG. 2022;
8. Nieto Barbero G. Los SIG como ayuda para tratar los problemas del mundo contemporáneo en las clases de Geografía de la educación secundaria [Internet]. RESEARCH GATE. 2017 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/314244279_Los_SIG_como_ayuda_para_tratar_los_problemas_del_mundo_contemporaneo_en_las_clases_de_Geografia_de_la_educacion_secundaria.
9. Hernández-Ávila JE, Santos-Luna R, Palacio-Mejía LS, et al. Modelo geoespacial automatizado para la regionalización operativa en planeación de redes de servicios de salud. salud publica mex. 2010;52(5):432-446.
10. Bernal-Acevedo O, Forero-Camacho JC. Sistemas de información en el sector salud en Colombia*. 2011. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rgps/v10n21/v10n21a06.pdf>.
11. Our sense of Snow: the myth of John Snow in medical geography. Social Science & Medicine [Internet]. 2000 [citado 8 enero 2022];(50):923 –935. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953699003457?via%3Dihub>
12. Acerca de la UGI [Internet]. IGU. 2022 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://igu-online.org/acerca-de-la-ugi/?lang=es>.
13. Eventos TIG [Internet]. NOSOLOSIG. 2017 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://www.nosolosig.com/geo-eventos/819-xvi-conferencia-iberoamericana-de-sistemas-de-informacion-geografica-confibsig-2017>.
14. CONFERENCIAS MAGISTRALES [Internet]. REDISIG. [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <http://www.redisig.org/en/node/18>
15. SIG-OT [Internet]. Sistemas de información geográfica para la planeación y ordenamiento territorial. [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://sigot.igac.gov.co/>

16. IGAC [Internet]. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://igac.gov.co/>
17. Módulo geográfico del SISPRO apoya la garantía de la información en salud [Internet]. Ministerio de salud. 2012 [citado 4 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Modulo-geografico-del-SISPRO.aspx>.
18. Molina AM, Lopez LF, Villegas GI. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) EN LA PLANIFICACIÓN MUNICIPAL. REVISTA EIA [Internet]. 2005 [citado 8 enero 2022];(4):21 -. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n4/n4a03.pdf>.
19. sistema-informacion-geografica-medellin.pdf [Internet]. 2017 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/343547171/sistema-informacion-geografica-medellin-pdf>.
20. Pressman RS. Ingeniería del Software: Un Enfoque Practico. 4a ed. McGraw-Hill Companies; 1998.
21. Maida, EG, Pacienza, J. Metodologías de desarrollo de software [en línea]. Tesis de Licenciatura en Sistemas y Computación. Facultad de Química e Ingeniería "Fray Rogelio Bacon". Universidad Católica Argentina, 2015. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/metodologias-desarrollo-software.pdf>.
22. Introducción a SIG [Internet]. ArcGIS Resources. 2021 [citado 6 febrero 2021]. Disponible en: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000t000000.htm>.
23. Ordóñez Galán C, Martínez-Alegría R. Sistemas de Información Geográfica - Aplicaciones prácticas con Idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales . 1.ª ed. España: RA-MA; 2003.
24. Araneda C, Edgardo. (2002). Uso de Sistemas de Información Geográficos y análisis espacial en arqueología: Proyecciones y limitaciones. Estudios

- atacameños, (22), 59-75. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432002002200004>.
25. Buzai GD, Robinson DJ. Geographical Information Systems (GIS) in Latin America, 1987-2010: A Preliminary Overview. *J Lat Am Geogr.* 1987;9(3):2010.
26. Sistemas de Información Geográfica en Salud Pública (SIG-SP) [Internet]. 2022 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <http://ais.paho.org/sigepi/index.asp>.
27. Los sistemas de información geográfica [Internet]. Blog Ceupe. 2022 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/los-sistemas-de-informacion-geografica.html>.
28. Garcés, L., & Egas, L. M. (2013). Evolución de las Metodologías de desarrollo de la Ingeniería de software en el proceso la Ingeniería de Sistemas Software. *Revista Científica Y Tecnológica UPSE*, 1(3). <https://doi.org/10.26423/rctu.v1i3.29>
29. MARCO CONCEPTUAL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA [Internet]. library. 2022 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://1library.co/article/marco-conceptual-sistema-de-informaci%C3%B3n-geogr%C3%A1fica.zlg2472y>.
30. Automatización de procesos ¿Cómo implementarla? [Internet]. Softgrade. 2022 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://softgrade.mx/que-es-automatizacion-de-procesos/>.
31. Creative Commons BY-SA. Aprendizaje Pandas. EBook Gratis [Internet]. [consultado el 11 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://riptutorial.com/Download/pandas-es.pdf>
32. the NumPy community. NumPy User Guide Release 1.23.0. 2022 [consultado el 11 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://numpy.org/doc/stable/numpy-user.pdf>
33. Formation Data Science | DataScientest.com [Internet]. Hacer Data Visualisation gracias a Plotly; [consultado el 16 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://datascientest.com/es/hacer-data-visualisation-con-plotly>

34. Share and Discover Knowledge on SlideShare [Internet]. Rational rose; [consultado el 16 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/IsraelChavaGonzales/rational-rose-65411778>
35. Valdovinos C. Heraldo Binario [Internet]. ¿Qué son las APIs de Google y cómo funcionan? Aquí te decimos las más importantes; 11 de agosto de 2021 [consultado el 16 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.heraldobinario.com.mx/ciencia/2021/8/11/que-son-la-apis-de-google-como-funcionan-aqui-te-decimos-las-mas-importantes-6259.html>
36. LEY ESTATUTARIA 1581 DE 2012 [Internet]. FUNCION PUBLICA.GOV. 2012 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>.
37. DECRETO NUMERO 1011 DE 2006 [Internet]. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL . 2006 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%201011%20DE%202006.pdf.
38. DECRETO NUMERO 2309 DE 2002 [Internet]. FUNCION PUBLICA.GOV. 2002 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6829>.
39. DECRETO 1377 DE 2013 [Internet]. FUNCION PUBLICA.GOV. 2013 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53646>.
40. DECRETO 886 DE 2014 [Internet]. SUIN JURISCOL. 2014 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1184150>.
41. DECRETO 1413 DE 2017 [Internet]. FUNCION PUBLICA.GOV. 2017 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=83253>.
42. RESOLUCIÓN NUMERO 1446 DE 8 MAYO DE 2006 [Internet]. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. 2006 [citado 8 enero 2022]. Disponible en:

- https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCI%C3%93N%201446%20DE%202006%20-%ANEXO%20T%C3%89CNICO.pdf.
43. RESOLUCIÓN 471 DE 2020 [Internet]. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2020 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://igac.gov.co/es/contenido/resolucion-471-de-2020>.
44. RESOLUCIÓN 068 DE 2005 [Internet]. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2020 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://igac.gov.co/es/contenido/resolucion-068-de-2005>.
45. RESOLUCIÓN 068 DE 2005 [Internet]. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2020 [citado 8 enero 2022]. Disponible en: <https://igac.gov.co/es/contenido/resolucion-715-2018>
46. Garcés, L., & Egas, L. M. (2013). Evolución de las Metodologías de desarrollo de la Ingeniería de software en el proceso la Ingeniería de Sistemas Software. Revista Científica Y Tecnológica UPSE, 1(3). <https://doi.org/10.26423/rctu.v1i3.29>
47. Ries E. The Lean Startup. Crown Business; 2011.
48. Instituto Nacional de Estadística [Internet]. Ine.es. [citado el 2 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.ine.es/DEFIne/es/concepto.htm?c=4484&op=30307&p=1&n=20>
49. RAE.es. [citado el 2 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/edad>
50. RAE.es. [citado el 2 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://dle.rae.es/residencia>
51. FoluColombia.org. [citado el 2 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://foluColombia.org/wp-content/uploads/2022/03/Subregiones-FOLU-Antioquia.pdf>
52. Villamizar Suaza, K., Tabares García, J. J., & Zapata Jaramillo, C. M. (2016). Mejora de historias de usuario y casos de prueba de metodologías ágiles con base en TDD. *Cuaderno Activa*, 7(1), 43-45. Recuperado a partir de <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/246>

53. Chazallet Sebastien. Python 3 los fundamentos del lenguaje. 1.^a ed. Barcelona: Ediciones ENI; 2015, 525 – 534.
54. Chazallet Sebastien. Python 3 los fundamentos del lenguaje. 1.^a ed. Barcelona: Ediciones ENI; 2015, 95 – 99
55. Chazallet Sebastien. Python 3 los fundamentos del lenguaje. 1.^a ed. Barcelona: Ediciones ENI; 2015, 105 – 116
56. Chazallet Sebastien. Python 3 los fundamentos del lenguaje. 1.^a ed. Barcelona: Ediciones ENI; 2015, 280 – 288.
57. Tosi S. Matplotlib for Python developers: Build remarkable publication quality plots the easy way. Birmingham, U.K: Packt Pub.; 2009.