



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Diseño de una plataforma web para la visualización genérica  
de los datos recopilados por los investigadores de cambio  
climático de la ESPOL”

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

CARLOS LUIS MANOSALVAS HOLST

FERNANDO ISMAEL SÁNCHEZ ZAMBRANO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a Dios por ayudarme en los momentos más difíciles, a mis profesores durante toda la carrera por siempre darme consejos y enseñanzas, a mis padres que siempre me brindaron apoyo incondicional, a mis compañeros de estudios que hicieron que el peso de la vida universitaria sea más llevadero, y a mi esposa.

Carlos Manosalvas

Agradezco a Dios por darme la inteligencia y sabiduría para culminar con éxito este proyecto, a mis maestros quienes aportaron con su conocimiento y experiencia durante mi etapa de formación profesional y a mis padres quienes constantemente me apoyaron y alentaron durante el transcurso de mi carrera universitaria.

Fernando Sánchez

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a mi familia más cercana: mis padres, mi hermana, mi hermano y mi esposa

Carlos Manosalvas

El presente proyecto lo dedico a Dios y a las personas más importantes en mi vida, mi madre, mi padre y mis hermanos.

Fernando Sánchez

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

Carlos Luis  
Manosalvas Holst

Fernando Ismael  
Sánchez Zambrano

## RESUMEN

En la actualidad los investigadores de cambio climático de la ESPOL tienen dificultad para acceder a datos públicos desde sitios gubernamentales, debido a que la información provista por estos sitios no está estructurada, ni tampoco integrada en una sola visualización. Esto ha provocado que la mayor parte de los investigadores de ESPOL recolecten información de forma manual, sin embargo, crear un producto de valor a partir de esta información hasta el momento no ha sido posible.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar una plataforma para la visualización genérica de los datos recolectados por los investigadores de cambio climático de la ESPOL con el propósito de valorizar el conocimiento invertido en la realización de sus investigaciones. Para el diseño de la plataforma se utilizó técnicas de ingeniería de software, se aplicó la metodología de desarrollo ágil SCRUM, así como también herramientas tecnológicas especializadas para el diseño de aplicaciones web.

Se consiguió implementar mediante tecnologías web una plataforma que permite a los investigadores de ESPOL cargar datos e información relevante relacionada con sus investigaciones y que además sirve como herramienta para crear productos de valor basado en gráficos estadísticos, imágenes, texto y videos. También esta plataforma permite a los investigadores de ESPOL compartir con sus clientes estos productos.

También se integró SUMO a la plataforma, un simulador de tránsito el mismo que fue utilizado por los expertos de logística y transporte para estudiar los tiempos óptimos de semáforos con los datos provistos por la EMOT (Empresa de Movilidad y Tránsito de Durán). Obteniendo como resultado que el tiempo de espera en la intersección Nicolás Lapentti y Jaime Roldós del cantón Durán disminuyó en 61 % después de aplicar técnicas de ingeniería de tránsito.

Palabras Clave: datos, metodología, visualización.

## **ABSTRACT**

*Currently, ESPOL's climate change researchers have encountered many hardships when trying to access public data from government data sites, due to the way it is presented. The data is not structured, nor is it integrated to a single site. In turn, this has provoked many of the researchers to collect data manually, but nevertheless, creating a valuable product with this information has not been achieved.*

*This project's objective is to design a platform for the generic visualization of the data collected by ESPOL's climate change researchers, with the purpose of giving value to the knowledge generated from their research. For the development of this platform, the agile framework SCRUM was applied in terms of software engineering, as well as many web development tools and concepts for the design.*

*A working environment was implemented via the use of web technologies that allow researchers to upload relevant data and information related to their work, and furthermore create a product of value based on statistical graphs, images, PDF files, text and videos. It also allows researchers to share this product with interested clients.*

*The simulator of urban mobility SUMO was integrated to the platform and was used by logistics experts to study optimal traffic lights phases given by EMOT. This resulted in finding a traffic light phase change in the main intersection of Av. Nicolas Lapentti and Av. Jaime Roldos that lowered 61% of the mean wait time of vehicles after applying transit engineering.*

*Keywords: data, methodology, visualization.*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	3
RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1 .....	1
1.    Introducción .....	1
1.1    Descripción del problema .....	1
1.2    Objetivos .....	3
1.2.1    Objetivo General .....	3
1.2.2    Objetivos Específicos.....	3
1.3    Marco Teórico.....	3
CAPÍTULO 2 .....	8
2.    Metodología.....	8
2.1    Arquitectura del sistema .....	13
2.2    Herramientas de desarrollo .....	14
2.2.1    Python.....	15
2.2.2    Django .....	15
2.2.3    PostgreSQL .....	16
2.2.4    D3 .....	16
2.2.5    SUMO .....	16
CAPÍTULO 3 .....	18

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	29
Conclusiones.....	29
Recomendaciones.....	29
BIBLIOGRAFÍA .....	31
ANEXOS .....	34



## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EMOT	Empresa de Movilidad y Tránsito de Durán
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
SIN	Sistema Nacional de Información
XLS	Microsoft Excel Spreadsheet File
PDF	Portable Document Format
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
SUMO	Simulation of Urban Mobility
CSV	Comma Separated Values
GIF	Graphics Interchange Format
WRF	Weather Research and Forecasting
MM5	Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model
GFTS	General Transit Feed Specification
BUFR	Binary Universal Form for the Representation of meteorological data
WMO	World Meteorological Organization
CVR	Centro de Visión y Robótica
XML	Extensible Markup Language
URL	Uniform Resource Locator
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
API	Application programming interface
JSON	JavaScript Object Notation

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Diagrama inicial de la solución .....	10
Figura 2.2 : Ciclos de desarrollo utilizando el marco de trabajo SCRUM. ....	12
Figura 2.3 Diagrama de arquitectura del sistema .....	13
Figura 3.1 Interfaz de usuario para la administración del sistema.....	18
Figura 3.2 Interfaz de usuario para la creación de productos .....	19
Figura 3.3 Ejemplo de gráfico de barras que denota la circulación de vehículos en la ciudad de Durán .....	20
Figura 3.4 Ejemplo de gráfico de barras agrupadas de la precipitación anual en la ciudad de Durán .....	21
Figura 3.5 Ejemplo de gráfico circular con la composición vehicular de duran en un sentido determinado .....	22
Figura 3.6 Ejemplo de gráfico de líneas.....	23
Figura 3.7 Ejemplo de gráfico de serie de tiempo .....	23
Figura 3.8 Ejemplo de gráfico de serie de tiempo múltiple, con la temperatura máxima, media y mínima de la ciudad de Durán.....	24
Figura 3.9 Ejemplo de formulario para la creación de un grafico .....	25
Figura 3.10 Visualización de un producto .....	26
Figura 3.11 Velocidad promedio de vehículos pesados y livianos en intersección Nicolás Lapentti y Jaime Roldós .....	27
Figura 3.12 Tiempo de espera promedio de vehículos pesados y livianos en intersección Nicolás Lapentti y Jaime Roldós .....	28
Figura 3.13 Resultado de una simulación ejecutada en la plataforma .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Detalle de las iteraciones.....	12
Tabla 2.2 Listado de herramientas usadas en el sistema RESCLIMA v1.0.....	14

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

Los investigadores de cambio climático de la ESPOL obtienen datos públicos de diferentes fuentes como por ejemplo del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos), del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) y del SIN (Sistema Nacional de Información). Sin embargo, los sitios web provistos por estas instituciones, no presentan la información de manera estructurada, ni tampoco integrada en una sola visualización, esto dificulta a los investigadores de cambio climático de la ESPOL el análisis e interpretación de estos datos.

Por otra parte, los sitios web de las instituciones gubernamentales antes mencionadas no ofrecen información completa es decir que para ciertas regiones del país no existen datos que consultar y la información que proveen no está actualizada. Además, tras realizar una consulta a través de estos sitios web, se obtiene como resultado un extenso archivo en formato XLS (Microsoft Excel Spreadsheet File) o PDF (Portable Document Format) el mismo que no es el más apropiado para la visualización de datos.

Para consultar datos sobre ciertas regiones específicas del país, los investigadores de cambio climático de la ESPOL recurren a los sitios web oficiales del GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) de su interés, donde se puede encontrar información relacionada con el ambiente, movilidad, salud, seguridad, gobernabilidad, territorial, hábitat y vivienda como es el caso del sitio web provisto por el GAD del Distrito Metropolitano de Quito.

Puesto que no todos los GAD del país proveen esta información o no está disponible a través de internet los investigadores de cambio climático de la ESPOL se han visto forzados a recolectar datos de forma manual. Sin embargo, necesitan de un espacio donde se pueda almacenar esta

información y a su vez compartir esta información con personas interesadas en sus investigaciones o el público en general si así lo requieren.

Es importante para los investigadores de cambio climático de la ESPOL compartir, promocionar y comercializar el resultado de sus investigaciones con clientes potenciales de tal forma que se pueda valorizar el conocimiento y el esfuerzo invertido para realizar la investigación. Esto implica que los investigadores de alguna manera deben ser capaces de generar una visualización de datos a partir de los resultados obtenidos de sus investigaciones y mantener un canal de comunicación con sus clientes que sea seguro e interactivo.

En este proyecto integrador se propone diseñar una plataforma web para la visualización genérica de los datos recopilados por los investigadores de cambio climático de la ESPOL. Esta plataforma debe servir como un espacio para almacenar la información recopilada por los investigadores y también debe permitir a los investigadores compartir con sus clientes reportes basados en visualizaciones de datos con el propósito de valorizar el esfuerzo y conocimiento invertido en la realización de sus investigaciones.

Es importante mencionar que en Chile existe una plataforma similar denominada *DataChile*, esta permite la búsqueda y visualización de datos públicos. Por otra parte, en el Ecuador es la primera vez que se propone una solución basada en la visualización genérica de datos. Desde el punto de vista técnico este proyecto tiene relevancia puesto que se enfoca en la escalabilidad, disponibilidad y tiempos de respuesta cortos. El caso de estudio de este proyecto será aplicado a los cambios climáticos de la ciudad de Durán.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo General

Diseñar la arquitectura de una plataforma de visualización genérica de datos, mediante el uso de tecnologías web para presentar de manera precisa y ordenada la información recopilada por los investigadores de ESPOL de tal forma que se pueda valorizar el conocimiento y esfuerzo realizado por dichos investigadores.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar la arquitectura de una plataforma de visualización genérica de datos.
- Implementar una plataforma informática basada en tecnologías web aplicando el diseño propuesto en este proyecto.
- Integrar el simulador de movilidad urbana SUMO a la plataforma informática a desarrollar.
- Presentar los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas por los investigadores de ESPOL en el caso de estudio de emisiones y movilidad en el cantón Durán.

## 1.3 Marco Teórico

La recopilación de datos públicos hoy en día es de vital importancia para entes gubernamentales e investigadores de todas partes del mundo, Estados Unidos de América utiliza una plataforma llamada *Data.gov* que es administrada y alojada por U.S. General Services Administration, Technology Transformation Service [1]. Esta plataforma provee datos públicos, herramientas, recursos para realizar investigaciones y visualizaciones de datos.

En América del Sur existen plataformas para la visualización de datos públicos, que desde el punto de vista de la experiencia de usuario son amigables e interactivas. Un claro ejemplo de esto es *DataChile* una

plataforma que permite la visualización de datos públicos de forma integral y completa [2]. Muestra la información clasificada por categorías además crea y combina visualizaciones interactivas.

*DataChile* tiene como propósito mejorar la toma de decisiones públicas, a través de la visualización de datos en un formato amigable y consistente. También permite conocer información sobre tendencias y necesidades para el diseño de implementación de políticas públicas, privadas, oportunidades de negocio e incluso estrategias de marketing del sector privado [2].

Actualmente, en el Ecuador existen distintos sitios web que permiten acceder a datos públicos. INEC, SIN, INAMHI, entre otras son las instituciones que proveen de este servicio a la comunidad de forma gratuita a través de internet. Sin embargo, estos no muestran la información en un formato consistente, por consecuencia sus usuarios tienen dificultades al momento de acceder o buscar información a través de los sitios web antes mencionados.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) posee una gran cantidad de información sobre estadísticas y censos del Ecuador, esta información está organizada en 3 categorías (sociodemográficas y sociales, económicas, ambiente y otras estadísticas) [3]. Adicionalmente el INEC ofrece dos plataformas informáticas una denominada banco de datos abiertos y la otra llamada visualizador de estadísticas productivas.

A través del banco de datos abiertos se puede realizar consultas sobre información relacionada a las categorías antes mencionadas. Como resultado de estas consultas, se obtiene bases de datos representadas en extensos archivos CSV (Comma Separated Values) o XLS (Microsoft Excel Spreadsheet File). Por otra parte, el visualizador de datos estadísticos muestra la información en tablas, series de tiempo y a través de barras apiladas. Además, permite descargar un reporte de esta información en formato PDF.

El INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), a través del uso complejo de modelos fisicomatemáticos produce pronósticos meteorológicos que son representados en formato GIF (Graphics Interchange Format). Actualmente usan dos modelos numéricos para las predicciones estos son WRF (Weather Research and Forecasting) y MM5 (Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model). [4] [5]

Otra fuente que es ocasionalmente usada por los investigadores de cambio climático de la ESPOL para recopilar información relacionada con el ambiente, movilidad, salud, seguridad, gobernabilidad, territorial, hábitat y vivienda es el sitio web oficial provisto por el GAD del Distrito Municipal de Quito, así como también plataforma web Quito Ambiente que ofrece datos públicos que corresponden exclusivamente a la capital del Ecuador. Si el investigador requiere datos de otras ciudades necesariamente tendrá que recolectar esta información de forma manual. [6] [7]

Ciertamente todas estas instituciones proveen de datos públicos a través de sus respectivos sitios web o plataformas informáticas, sin embargo, buscar información relevante, utilizando estos medios es realmente complicado. El usuario debe navegar por al menos 6 diferentes portales antes de obtener un resultado. Por otra parte, su interfaz básica provoca confusión o desinterés en los usuarios y la información provista no es completa ni está integrada en una sola visualización [8] [9].

Además, ninguna de las plataformas antes mencionadas permite a terceras personas contribuir con información de forma directa, es decir si usted es poseedor de información científica relevante no hay forma de compartirla a través de estos medios. Siendo esta una necesidad urgente por parte de los investigadores de cambio climático de la ESPOL puesto que necesitan de alguna manera compartir sus datos con ciertos niveles de privacidad, es decir,



públicos o privados, de tal forma que el esfuerzo y conocimiento invertido para realizar la investigación pueda ser valorizado.

Muchos de los desafíos que se encuentran en el mundo de los datos públicos están asociados a la poca estandarización de formatos lo que dificulta y encarece el cruce de procesos, es decir, información proveniente de diferentes fuentes. Existen muchos ejemplos de estándares de formato de datos sin embargo en este proyecto se va a hablar de dos en particular, el primero que está enfocado en la movilidad se denomina GFTS y el segundo que está orientado a los cambios climáticos se lo conoce como BUFR.

GFTS (General Transit Feed Specification) es un formato de datos propuesto por Google que define un horario común para los horarios de transporte público y la información geográfica asociada a estos. Algunos de los requisitos que este estándar de datos sigue son los siguientes: Todos los archivos de especificación GFTS se deben guardar como texto delimitado por comas, la primera línea de cada archivo debe incluir los nombres de campo y deben ser comprimidos en formato ZIP exclusivamente. [10] [11]

BUFR (Binary Universal Form for the Representation of meteorological data) es un formato de datos propuesto por la WMO (World Meteorological Organization) es un código binario diseñado para representar cualquier conjunto de datos meteorológicos y oceanográficos. Es un sistema de representación de datos autodefinido, basado en tablas y muy flexible, especialmente para grandes volúmenes de datos. [12] [13]

En la actualidad los investigadores de las ESPOL tienen dificultades para promocionar, comercializar y compartir los resultados de sus investigaciones y esto es debido a que no existe un medio de comunicación confidencial entre ellos y sus clientes. Además, requieren de alguna manera generar un producto que pueda ser comercializado y compartido de forma directa con sus clientes,

así como también ser capaces de crear visualizaciones de datos que faciliten el análisis e interpretación de estos.

En la ciudad de Guayaquil, en el campus politécnico Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, el CVR (Centro de Visión y Robótica) cuenta con una plataforma tecnológica que bajo la premisa del proyecto RESCLIMA DURÁN soluciona el problema de la recolección automática de datos, así como también la búsqueda de información, la visualización de datos geoespaciales a través de mapas con múltiples capas (vectoriales y rasters) y series de tiempo.

Considerando esto, para la elaboración de este proyecto se planea reutilizar las funcionalidades que actualmente dispone la plataforma RESCLIMA DURÁN, así como también integrar nuevas funcionalidades que permita a los investigadores de cambio climático de la ESPOL crear visualizaciones de datos, contribuir con información, compartir esta información a través de un canal seguro y privado con sus clientes y por último que les permita generar simulaciones de movilidad que con la colaboración de expertos de logística y transporte de la ESPOL puedan detectar, analizar y proponer soluciones costo efectivas a los problemas relacionados con el cambio climático y el tránsito del cantón Durán.

## CAPÍTULO 2

### 2. METODOLOGÍA

Después de revisar varias propuestas relacionados con la temática de este proyecto, se ha podido concluir que es primordial involucrar al usuario durante la etapa de desarrollo con el propósito de satisfacer sus necesidades. Además, es una prioridad facilitar el acceso a los datos y a sus estadísticas desde cualquier lugar, de manera rápida y sencilla. Por esta razón, se propone desarrollar una plataforma web, haciendo énfasis en la disponibilidad del servicio, en los tiempos cortos de consulta y en la visualización de los datos alojados en la plataforma.

La solución debe permitir el acceso de distintos tipos de usuarios, en concreto cuatro:

- Investigadores
- Clientes
- Invitados o *Guests*
- Administrador

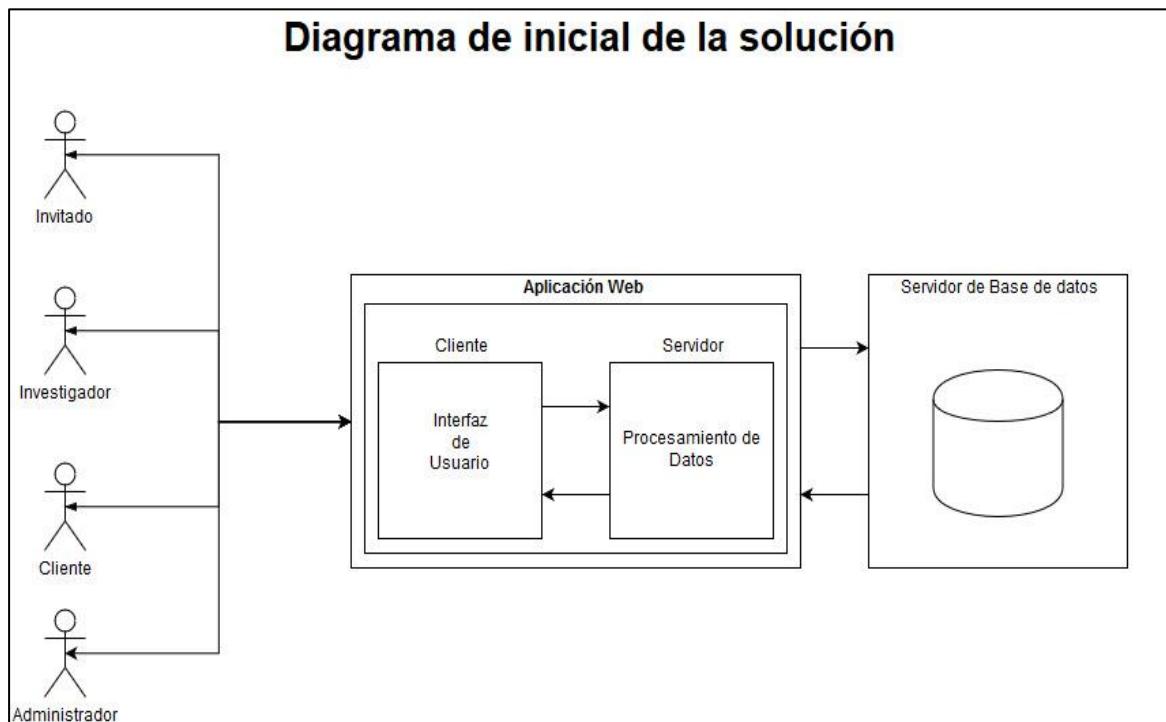
Además, la solución debe ser capaz de soportar varios usuarios concurrentes, y ser lo suficientemente genérica como para poder permitir a los usuarios ingresar y almacenar diferentes formatos de datos (CSV, XML, XLS). También, se espera que la solución permita a los investigadores ingresar datos que no sean necesariamente geo-referenciados. Cada tipo de usuario tendrá un rol diferente dentro del sistema.

Los usuarios invitados deben ser capaces de visualizar datos públicos y hacer consultas sobre estos datos. Es importante mencionar que no es necesario autenticarse para acceder a los permisos de este usuario. Un ejemplo de un usuario invitado sería un estudiante universitario que requiere hacer una investigación para un deber particular, en el cual deberá obtener datos del clima o la población de cierto sector, etc.

Los investigadores necesitan autenticarse para acceder al sistema. Son los encargados de subir información a la plataforma con datos pertinentes a sus investigaciones. También, pueden crear un “producto” tipo resumen, el mismo que podrá compartirlo con su cliente si así lo requiere. Este producto está conformado por un resumen, gráficos estadísticos y conclusiones de la investigación. También, pueden consultar los datos que han sido almacenados en la plataforma como públicos.

Los clientes necesitan autenticarse para acceder al sistema. Pueden subir archivos al sistema con la información requerida por el investigador en el caso que esta se encuentren bajo su posesión. Es posible hacer esto llenando un formulario o cargando directamente archivos a la plataforma. El cliente puede visualizar y descargar el o los productos que hayan sido compartidos con él.

Finalmente, el usuario administrador es el encargado de crear y administrar los diferentes grupos de usuarios antes mencionados. Además, es el encargado de asignar los permisos de acceso por tipo de usuario o rol y manejar cualquier inconveniente que se presente mientras el sistema está en producción.



**Figura 2.1 Diagrama inicial de la solución**

En función a lo explicado anteriormente, y a los requerimientos levantados en las reuniones de planificación preliminares con los tutores encargados del proyecto, se decide implementar un desarrollo en partes.

El marco de trabajo que se utilizará será SCRUM, por las siguientes razones:

- El equipo de trabajo es pequeño (dos personas)
- Se necesita la retroalimentación constante del usuario final de la solución a implementar.

SCRUM es un marco de trabajo de software [14], que se caracteriza por la capacidad de adaptabilidad del proyecto frente al cambio, y la agilidad del desarrollo. Esto no quiere decir que el trabajo se realizará de manera más rápida, ya que este no es uno de los factores que se analizan al momento de decidir el marco de trabajo, sino que hace referencia a la capacidad de adaptarnos al cambio provocado por los usuarios finales durante la etapa de desarrollo.

Usar el marco de trabajo SCRUM permite al equipo de desarrollo dividir el problema en pedazos pequeños manejables [15]. SCRUM, así como otros marcos de trabajo de desarrollo ágil de software, fue creado para brindar al cliente una mayor tasa de satisfacción a lo largo del ciclo de desarrollo [16] y al ser comparados con métodos de desarrollo tradicional, el equipo de desarrollo determinó que SCRUM es el marco de trabajo que mejor se acomoda las necesidades del cliente, en el tiempo determinado para la entrega de un producto viable y funcional.

Sin embargo, este marco de trabajo presenta desafíos [16], como por ejemplo la falta de una estructura y modelo de documentación y gran posibilidad de fallo en caso de falta de comunicación o falta de retroalimentación de parte del usuario.

Tomando en consideración esto, se divide el proyecto en tres partes:

1. Levantamiento de requerimientos de usuarios finales

Esta primera parte se enfoca en definir todos los requerimientos (funcionales y no funcionales) del sistema. Para lograr esto, se propone elaborar prototipos y pruebas de usuario que contribuyen significativamente al proceso de validación de la solución. En este proceso se involucra activamente a los usuarios de la plataforma, principalmente a los investigadores de la ESPOL.

El entregable de esta sección es la *pila del producto* [14].

2. Desarrollo de la solución

Durante esta sección, se espera desarrollar la solución al problema planteado, considerando los requerimientos levantados en la etapa anterior. Se ha planificado 4 iteraciones o ciclos de desarrollo, denominados por el marco de trabajo SCRUM como Sprints, con una duración de 2 semanas por cada iteración.

Cada iteración empieza y termina con una reunión semanal con el director del proyecto, de manera que él pueda validar el sprint anterior y determinar que

funcionalidad espera lista en la siguiente iteración. Como define SCRUM, cada iteración debe dar como resultado un incremento funcional a la solución.

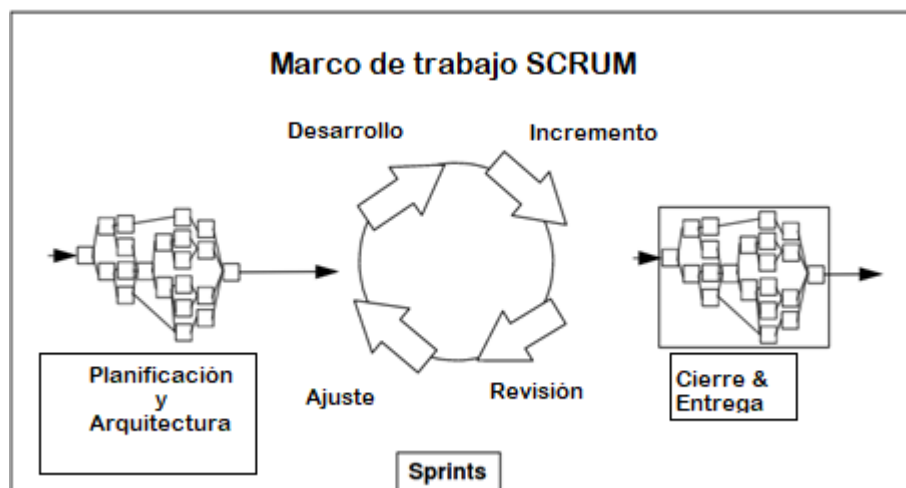


Figura 2.2 : Ciclos de desarrollo utilizando el marco de trabajo SCRUM.

Fuente: Adaptado de [17]

En la figura 2.1, se muestra como es el proceso del desarrollo utilizando el marco de trabajo SCRUM.

Las iteraciones definidas por el proyecto se detallan en la tabla 2.1

Número de Iteración	Descripción	Fecha de Inicio	Fecha de Entrega	Entregable
1	Definición de usuarios, funcionalidad de administrador e invitado completa	19/11/2018	3/12/2018	Módulo de usuarios
2	Funcionalidad del rol Investigador y Cliente completo	3/12/2018	17/12/2018	Módulo de usuarios 2.0
3	Funcionalidad de módulo de Simulaciones completo	17/12/2018	3/1/2019	Módulo de simulaciones
4	Funcionalidad de módulo de Productos completo	3/1/2019	14/1/2019	Módulo de productos

Tabla 2.1 Detalle de las iteraciones

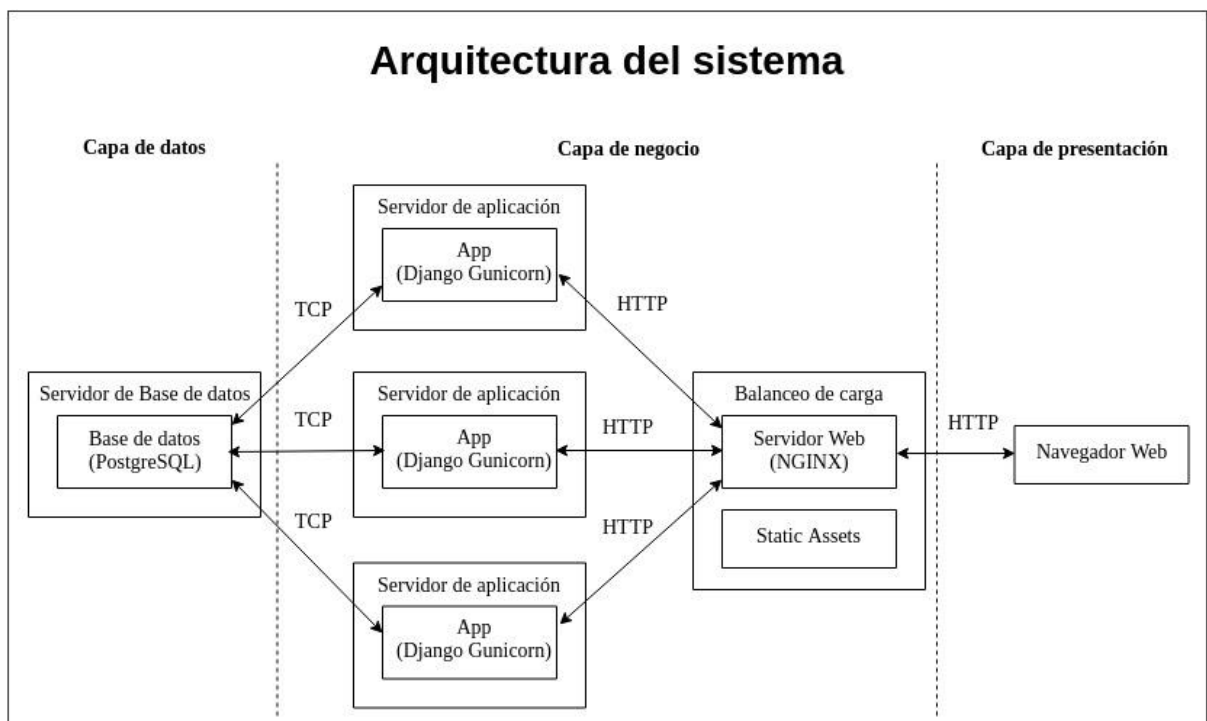
### 3. Integración, pruebas y entrega de la solución

La etapa final del desarrollo consiste en la integración de todos los incrementos, en una reunión donde los usuarios finales puedan probar las funcionalidades que han aprobado y validado anteriormente. Posterior a esto, se hará la entrega formal de la solución al director del proyecto, donde se espera recibir la retroalimentación respectiva.

## 2.1 Arquitectura del sistema

La arquitectura que se propone utilizar para el desarrollo de esta plataforma se basa en el modelo de 3 capas.

La figura 2.3 ilustra la arquitectura propuesta para el desarrollo del sistema.



**Figura 2.3 Diagrama de arquitectura del sistema**

En la capa de presentación se reciben las peticiones realizadas por el usuario como por ejemplo la carga de datos, la visualización de estos entre otras. Estas son enviadas a la siguiente capa que se encarga de redireccionar las peticiones con la ayuda del servidor web basado en NGINX que se



comporta como proxy con el propósito de balancear la carga, garantizando tiempos de respuesta cortos y a su vez la ejecución de tareas concurrentes.

Luego de esto la petición o peticiones llegan hasta el servidor web quien realiza las consultas necesarias al servidor de base de datos y como resultado de esta consulta se obtiene la respuesta que el servidor presentará en el navegador web.

## 2.2 Herramientas de desarrollo

Es importante mencionar que la solución propuesta debe ser integrada a una plataforma ya existente llamada RESCLIMA. Esta plataforma web fue desarrollada por el Centro de Visión y Robótica de la ESPOL, recopila datos de forma automática de diferentes servicios y también permite al usuario realizar búsquedas para posteriormente presentar los resultados en capas vectoriales o series de tiempo.

Por esta razón para el desarrollo de la plataforma de visualización genérica de datos se propone utilizar herramientas tecnológicas que se ajusten a las inicialmente propuestas por el equipo de desarrollo de RESCLIMA.

La tabla 2.2 muestra el listado de las herramientas utilizadas en RESCLIMA.

Nombre	Versión	Descripción
Python	2.7	Lenguaje de programación para el desarrollo de componentes.
Django	1.11	Framework para desarrollar aplicaciones web.
PostgreSQL	10	Manejador de base de datos basado en SQL.
PosGIS	2.4.4	Extensión para el manejo de datos geoespaciales.
TimeScaledB	1.0	Extensión para el manejo de series de tiempo.
GDAL/OGR	2.1.0	Librería para el manejo de datos espaciales.
Openlayers	5.3	Librería escrita en JavaScript para dibujar mapas en el navegador.

**Tabla 2.2 Listado de herramientas usadas en el sistema RESCLIMA v1.0**

A continuación, se describe cada una de las herramientas tecnológicas utilizadas para llevar a cabo el desarrollo de esta plataforma.

### **2.2.1 Python**

Python es un lenguaje de programación que permite trabajar rápidamente e integrar sistemas de manera más efectiva [18].

Para el desarrollo de este proyecto se propone utilizar la versión 2.7 de Python, porque cuenta con un extenso soporte y compatibilidad con librerías para la visualización de datos geoespaciales, así como también con el simulador SUMO (Simulation Of Urban Mobility) que será integrado en el proyecto, sobre el cual se profundizará más adelante.

### **2.2.2 Django**

Django es un framework Web de alto nivel escrito en Python que fomenta el desarrollo rápido y el diseño limpio y pragmático [19]. Es gratis y de código abierto.

Para el desarrollo de este proyecto se propone utilizar la versión 1.11 de Django. Se escogió Django debido a que este se ajusta al marco de trabajo seleccionado para la elaboración de este proyecto, es decir que este ayuda a los desarrolladores a crear aplicaciones lo más rápido posible. Además, Django es altamente escalable, seguro, versátil y compatible con arquitecturas de software distribuidas.

A continuación, se lista una serie de paquetes y librerías de Django que serán utilizadas en el desarrollo del proyecto:

#### **Django REST FRAMEWORK**

Este paquete ofrece un kit de herramientas potentes y flexibles que permiten crear APIs Web [20].

#### **Django Dash**

Este paquete provee un framework de dashboard modular y personalizable para Django. [21]

Dash permite a los usuarios crear sus propios dashboard personalizables y compartirlos como públicos. Cuenta con una extensa API que permite a los desarrolladores crear nuevos plugins y además modificar los ya empaquetados.

Utilizar Dash como base para el desarrollo del producto final resulta favorable puesto que se espera que esta plataforma tenga la capacidad de incorporar nuevas funcionalidades.

### **2.2.3 PostgreSQL**

PostgreSQL es un potente sistema de base de datos relacional de código abierto con más de 30 años de desarrollo activo que le ha permitido ganar una fuerte reputación de confiabilidad, robustez y rendimiento. [22]

Para el desarrollo de este proyecto se propone utilizar la versión 10 de PostgreSQL.

### **2.2.4 D3**

Es una librería de JavaScript para la manipulación de documentos basados en datos. Ayuda a dar vida a los datos mediante HTML, SVG y CSS. El enfoque de D3 en los estándares web permite utilizar toda la capacidad de los navegadores web modernos, combinando poderosos componentes de visualización y un enfoque basado en datos para la manipulación del DOM. [23]

### **2.2.5 SUMO**

SUMO es un paquete de simulación de tráfico de código abierto, altamente portátil, microscópico y continuo, diseñado para manejar grandes redes de carreteras. Es desarrollado principalmente por empleados del Instituto de Sistemas de Transporte en el Centro Aeroespacial Alemán. SUMO es de código abierto, licenciado bajo el EPLv2. [24]

Se propone incorporar SUMO (Simulation of Urban Mobility) en la plataforma de visualización genérica de datos puesto que los investigadores de la ESPOL que forman parte del equipo de logística y transporte manejan datos de movilidad que en su mayoría dependen de la realización y análisis de datos a través de los diferentes escenarios que se pueden generar utilizando simuladores como es el caso de SUMO.

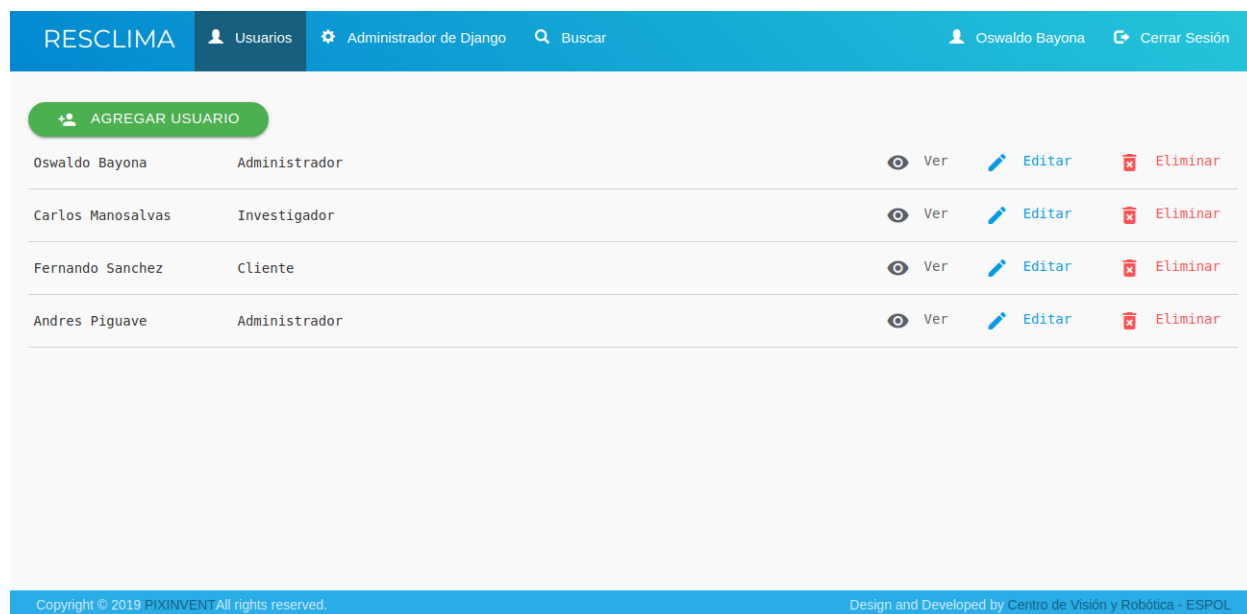
Oportunamente SUMO cuenta con una librería de Python denominada sumolib que permite al desarrollador trabajar con las redes generadas por el simulador, las salidas y otras funciones de utilidad variada.

## CAPÍTULO 3

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El sistema desarrollado cuenta con 3 módulos, que son el de usuarios, el de productos y el de simulación. A esto se le suma el módulo de visualización de mapas que fue desarrollado anteriormente por otro equipo.

El módulo de usuarios cuenta con una interfaz para la creación de usuarios y la asignación de roles a los mismos, así como se muestra en la siguiente figura.



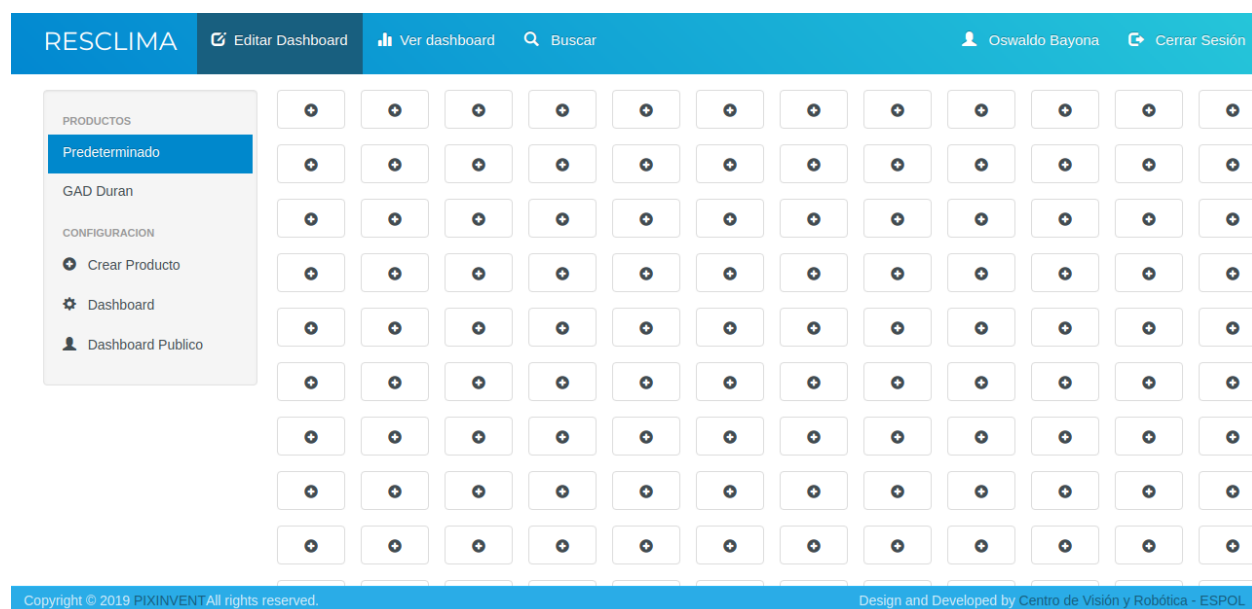
**Figura 3.1 Interfaz de usuario para la administración del sistema**

Cada usuario puede ser editado o eliminado según sea el caso. Los permisos de creación, edición y eliminación de usuarios solo se asignan a los usuarios con administradores del sistema.

Los usuarios administradores también podrán acceder al administrador de Django, en donde podrán realizar cambios en todos los modelos creados por la aplicación. Esto significa que los usuarios administradores podrán tener acceso a todos los datos guardados y generados en la aplicación, con el fin de corregir algún error de ser necesario.

El módulo de productos cuenta con una interfaz con dos vistas: editar dashboard y ver dashboard.

En editar dashboard es en donde se agregan los diferentes gráficos estadísticos requeridos por el investigador. Esta interfaz cuenta con un *grid* o malla en donde se establece el espacio de trabajo.



**Figura 3.2 Interfaz de usuario para la creación de productos**

Ver dashboard permite al usuario visualizar el dashboard una vez que ya lo haya terminado.

La creación de los gráficos estadísticos se realizó utilizando la librería D3, la fuente de datos de estos fue construida utilizando Django Rest Framework. Se construyeron JSON APIs para cada tipo de gráfico del dashboard.

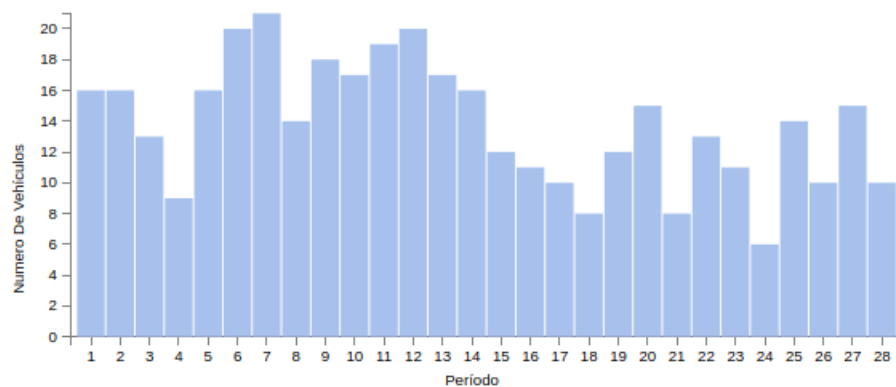
Por limitaciones de tiempo no se logró crear una interfaz dinámica que le permita al usuario crear o subir fuentes de datos que inmediatamente puedan ser utilizadas para la creación de datos estadísticos.

Los tipos de gráficos estadísticos que han sido desarrollados para esta versión de la plataforma son los siguientes:

- Gráficos de barras
- Gráficos de barras agrupadas
- Gráficos circulares
- Gráficos de líneas
- Series de tiempo
- Series de tiempo múltiples

La figura 3.3 ilustra un gráfico de barras en el dashboard, para crear un gráfico de barras el usuario debe llenar un formulario que consta de los siguientes campos: título, etiqueta del eje X, etiqueta del eje Y, fecha de inicio, fecha de finalización, tabla/API, color secundario y color principal.

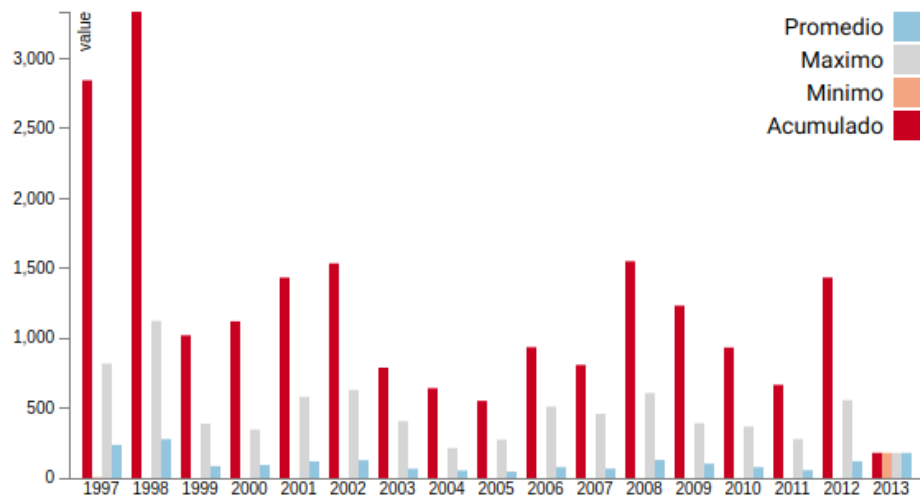
**Circulación de vehículos livianos, sentido GD O-N desde Guayaquil a Durán**



**Figura 3.3 Ejemplo de gráfico de barras que denota la circulación de vehículos en la ciudad de Durán**

La figura 3.4 presenta un gráfico de barras agrupadas, el mismo que para ser generado requiere que se complete un formulario que consta de los siguientes campos: título, etiqueta del eje Y, fecha de inicio, fecha de finalización y tabla/API.

### Precipitación anual

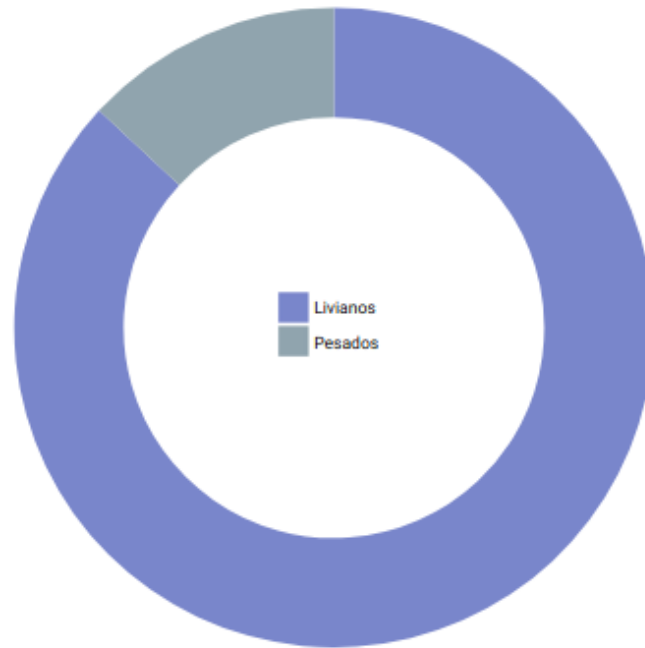


**Figura 3.4** Ejemplo de gráfico de barras agrupadas de la precipitación anual en la ciudad de Durán

La figura 3.5 muestra un gráfico circular en el dashboard, para crear un gráfico circular el usuario debe llenar un formulario que consta de los siguientes campos: título, tabla/API, fecha de inicio, fecha de finalización. Adicionalmente el usuario puede modificar la visibilidad de las variables que desee marcando o desmarcando los recuadros que están en la leyenda de este.

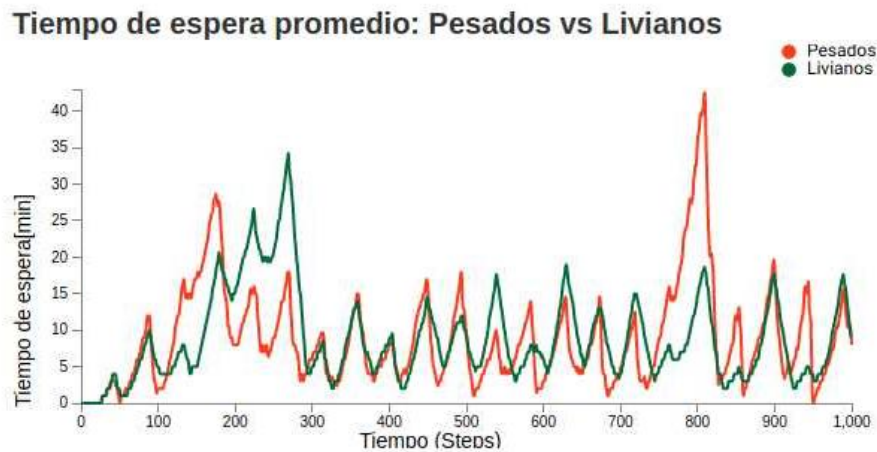


**Composición vehicular, sentido FR O-E desde Guayaquil a Duran**



**Figura 3.5 Ejemplo de gráfico circular con la composición vehicular de duran en un sentido determinado**

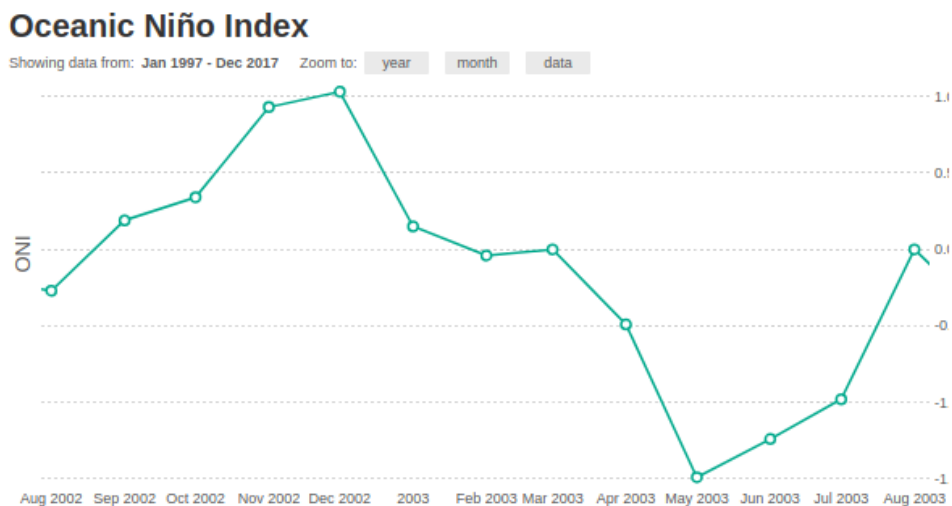
De igual manera, la figura 3.6 ilustra un gráfico de líneas que permite comparar dos tipos de variables sobre una misma escala. Para crear un gráfico de líneas el usuario debe llenar un formulario que a diferencia de los anteriores requiere dos fuentes distintas de datos para poder graficar la comparación. Los campos del formulario son los siguientes: título, etiqueta del eje X, etiqueta del eje Y, fecha de inicio, fecha de finalización, tabla/API (1) y tabla/API (2).



**Figura 3.6 Ejemplo de gráfico de líneas.**

También se generan fuentes de datos para crear series de tiempo, estas requieren del ingreso de los siguientes campos en el formulario: título, fecha de inicio, fecha de finalización y tabla/API.

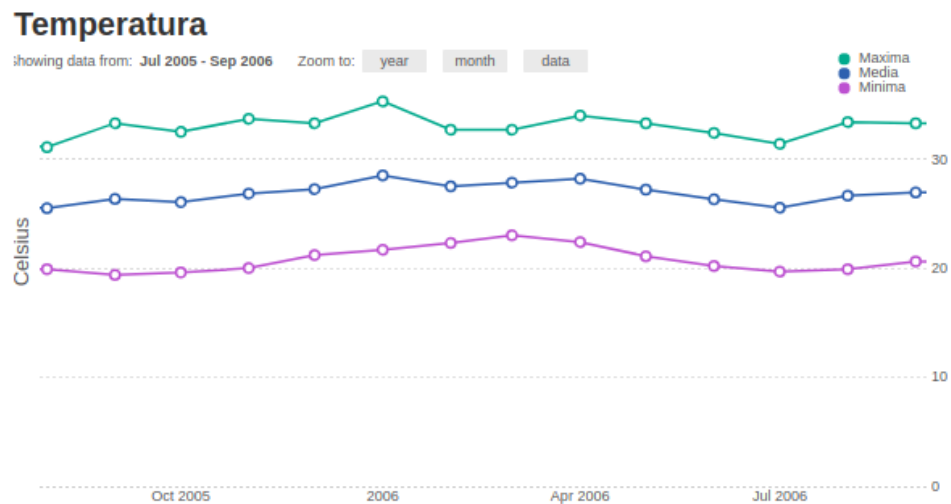
La figura 3.7 muestra una serie de tiempo en el dashboard.



**Figura 3.7 Ejemplo de gráfico de serie de tiempo**

En el caso de las series de tiempo múltiples el formulario es similar, salvo que este cuenta con tres fuentes de datos: tabla/API (1), tabla/API (2) y tabla/API (3).

La figura 3.8 muestra el ejemplo de series de tiempo múltiples.



**Figura 3.8 Ejemplo de gráfico de serie de tiempo múltiple, con la temperatura máxima, media y mínima de la ciudad de Durán.**

Se decidió seguir el mismo flujo de trabajo planteado por el paquete django-dash, en el cual para ingresar un gráfico, memo, hipervínculo o imagen en el espacio de trabajo es necesario primero escoger el plugin que se desea agregar, y luego llenar un formulario que servirá para establecer los datos que se graficarán en sí.

A continuación, se describe un ejemplo de cómo crear un gráfico de barras en la plataforma.

1. Una vez que se ha iniciado sesión, se accede al perfil del usuario desde la barra de menú
2. En el perfil el usuario encontrará la opción de dashboard, esta lo redirecciona a la aplicación respectiva, la misma que cuenta con dos opciones principales en el menú superior (editar dashboard, ver dashboard).
3. Para acceder a la vista de edición es necesario hacer clic en la opción editar dashboard, desde aquí el usuario deberá seleccionar una posición de la cuadrícula o grid donde desea crear el gráfico estadístico.

- Una vez hecho esto se mostrará una ventana donde se debe seleccionar el widget a utilizar para este caso usaremos D3 plugins y escogemos del menú desplegable el nombre del gráfico que deseamos crear, en este caso Bar Chart 7x7.
- Luego de esto se mostrará el formulario, la figura 3.9 ilustra los campos que se deben llenar para poder crear este gráfico. Luego de llenar estos campos se debe presionar el botón guardar.

### AGREGAR BAR CHART AL DASHBOARD

Los campos marcados con \* son obligatorios

Título \*  
Circulación de vehículos livianos, sentido GD O-N desde Guayaquil a Durán

Etiqueta del eje X \*  
Periodo

Etiqueta del eje Y \*  
Numero de vehículos

Fecha de inicio \*  
12/11/2018

Fecha de finalizacion \*  
16/11/2018

Tabla/API \*  
Vehiculos | Liviano | GD O-N

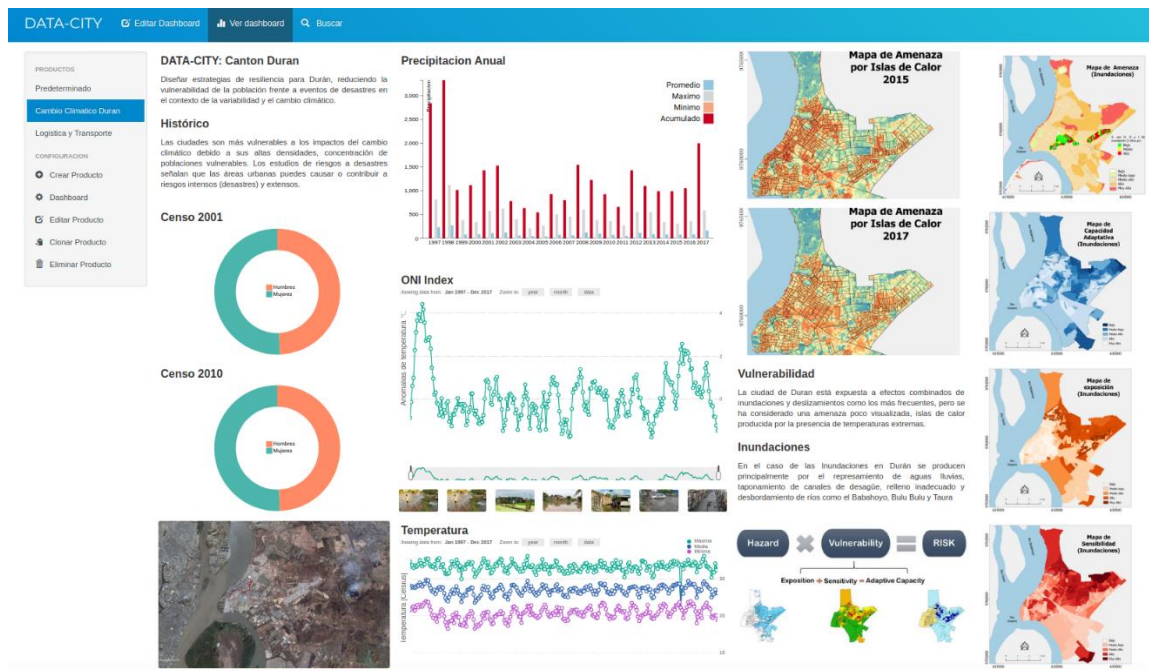
Color principal \*

Color secundario \*

**GUARDAR**

**Figura 3.9 Ejemplo de formulario para la creación de un grafico**

- Al finalizar será redireccionado a la vista de edición, donde tendrá una vista previa del gráfico de barras que ha creado, sin embargo, desde la opción ver dashboard podrá ver como su producto final será visto por sus clientes.



**Figura 3.10 Visualización de un producto**

Desde el menú lateral el usuario puede seleccionar la opción configurar dashboard y aquí configurar los permisos de visualización.

Si el dashboard está marcado como público este hace que el producto sea visible al público, sin embargo, la visibilidad de los productos se puede ajustar por separado para cada producto. Hay que tener en cuenta que, si el dashboard está configurado como público, su producto "predeterminado" también será público.

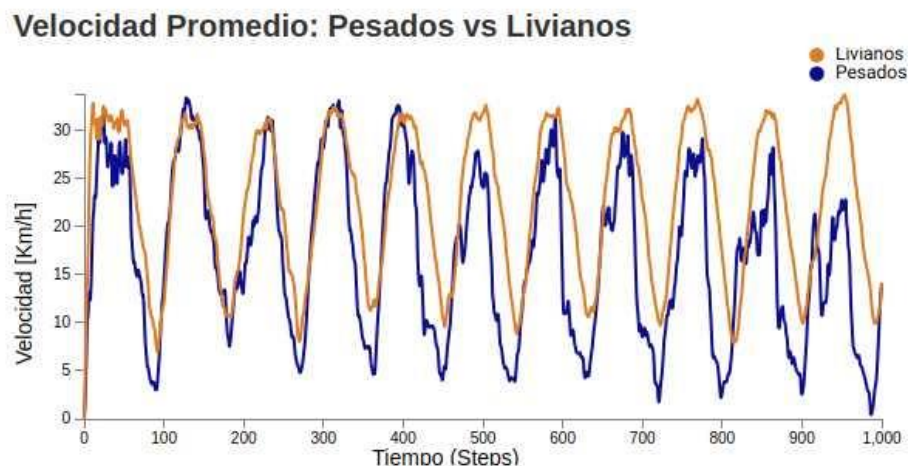
El usuario podrá compartir sus productos mediante una URL la misma que esta precedida por el nombre de usuario y luego el nombre del producto. Ejemplo: <https://resclima.com/dashboard/username/gad-duran/>

También se habilitaron otros plugins que se considera que pueden ser de utilidad para los usuarios. Entre estos tenemos el plugin de imágenes que permite agregar una imagen en el producto, el plugin dummy que permite el ingreso de texto plano en el dashboard, el plugin memo que permite el ingreso de texto con formato (solo negrita), el plugin Tiny memo que permite ingresar texto con formato basado en etiquetas HTML, también el plugin URLs que permite al usuario añadir enlaces externos al dashboard y el plugin de internet que permite embeber un video desde una dirección URL de internet.

Con respecto a las simulaciones se integró SUMO a la plataforma, se diseñó la interfaz respectiva para que los investigadores de logística y transporte puedan cargar sus archivos de configuración a la plataforma, obtener un resumen de la simulación y generar gráficos estadísticos a partir de los resultados obtenidos de la misma.

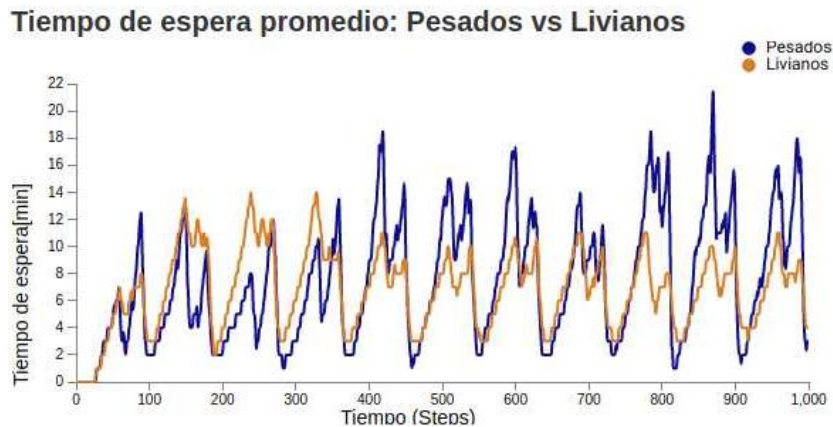
La salida de la simulación está conformada por 3 archivos XML los cuales contienen información relevante sobre el resumen de la simulación, las emisiones de gases contaminantes y el resumen de las rutas realizadas por los vehículos generadas durante la simulación.

La figura 3.11 muestran la velocidad promedio de los vehículos pesados y livianos resultados de una simulación de 1000 pasos realizada en la intersección Nicolás Lapentti y Jaime Roldós del cantón Durán.



**Figura 3.11 Velocidad promedio de vehículos pesados y livianos en intersección Nicolás Lapentti y Jaime Roldós**

La figura 3.12 muestra el tiempo de espera de los vehículos pesados y livianos resultados de una simulación de 1000 pasos realizada en intersección Nicolás Lapentti y Jaime Roldós del cantón Durán.



**Figura 3.12** Tiempo de espera promedio de vehículos pesados y livianos en intersección Nicolás Lapentti y Jaime Roldós

La figura 3.13 muestra el resultado de una simulación después de haber terminado con éxito.

The screenshot shows the 'DATA-CITY' simulation results page. The top navigation bar contains 'DATA-CITY', 'Simulaciones', and 'Buscar'. The user 'Heydi Roa' is logged in, with a 'Cerrar Sesión' button. The main content is divided into two sections: 'SIMULACION EN EJECUCION' and 'RESULTADOS'. Under 'SIMULACION EN EJECUCION', there is a notification for '1 Av. 17 de Septiembre, Milagro' stating '¡La simulación ha terminado con éxito!'. The 'RESULTADOS' section contains a 'Resumen de la Simulación' with the following data:

- TIEMPO: 990.0 segundos
- CARGADO: 149956 vehículos
- INSERTADO: 3244 vehículos
- CORRIENDO: 2946 vehículos
- ESPERANDO: 23896 vehículos
- TERMINADO: 298 vehículos
- TIEMPO DE ESPERA MEDIO: 392.25 segundos
- TIEMPO DE VIAJE MEDIO: 521.36 segundos
- INTERRUPCION: 581
- VELOCIDAD MEDIA: 25.52 kilómetros por hora
- VELOCIDAD RELATIVA MEDIA: 1.62 kilómetros por hora
- DURACION: 69708284095102 segundos

Below the summary, there are two expandable sections: 'Emisiones' and 'Vehículos'.

**Figura 3.13** Resultado de una simulación ejecutada en la plataforma

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

Se diseñó la arquitectura para una plataforma de visualización genérica de datos aplicada al caso de estudio de emisiones de gases contaminantes y movilidad del cantón Durán. Luego de diseñar la arquitectura, se implementó una plataforma informática utilizando las tecnologías web y siguiendo la metodología descrita en el capítulo 2.

Se consiguió integrar el simulador de movilidad urbana SUMO a la plataforma, otorgando a los investigadores la posibilidad de realizar simulaciones de movilidad sin necesidad de realizar ninguna instalación en sus computadores.

Utilizando los datos recolectados por los investigadores de logística y transporte se pudo comprobar mediante varias simulaciones realizadas desde la plataforma, que la velocidad promedio de los vehículos y el tiempo de espera pueden ser mejorados en un 61 % si se aplican los respectivos procesos de ingeniería de tránsito enfocados en el cambio de fases semafóricas.

La plataforma permite a los investigadores de ESPOL generar un producto basado en gráficos estadísticos, imágenes, texto, reportes, simulaciones de movilidad y demás representaciones. Este producto es representado por un dashboard. De la misma manera, los investigadores de ESPOL pueden compartir los productos generados mediante un enlace privado con sus clientes y también tienen la posibilidad de compartir sus productos utilizando un enlace público de tal forma que cualquier persona que posea este enlace pueda visualizar el producto generado e interactuar con el mismo.

### **Recomendaciones**

Con el propósito de mejorar la calidad del producto a generarse, se recomienda añadir la posibilidad de visualizar datos en tiempo real utilizando AJAX, lo que permitiría también agregar filtros para la visualización interactiva de los datos.



Se recomienda también mejorar el rendimiento del módulo de simulaciones para que el sistema pueda ejecutar concurrentemente varias simulaciones. Además, se sugiere desarrollar una funcionalidad que permita ejecutar simulaciones en segundo plano y recibir un mail que notifique la finalización de la misma.

Con la finalidad de valorizar el conocimiento de los investigadores de ESPOL se recomienda implementar un módulo de compras donde los investigadores de ESPOL puedan publicar sus productos, pero con ciertas restricciones de tal forma que si el cliente está interesado en un producto específico pueda comprar dicho producto directamente desde la plataforma.

Esta versión de la plataforma permite compartir de forma privada un producto para un cliente por esta razón se recomienda realizar las modificaciones respectivas para que los investigadores puedan compartir sus productos con múltiples clientes por medio de un enlace privado.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] U.S. General Services Administration, Technology Transformation Service, «Data.gov,» USA.gov, 1 Enero 2013. [En línea]. Available: <https://www.data.gov/>. [Último acceso: 20 Octubre 2018].
- [2] Datawheel, «Data Chile,» Antofagasta Minerals, 1 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://es.datachile.io/>. [Último acceso: 23 Octubre 2018].
- [3] Gobierno Nacional de la República del Ecuador, «Instituto Nacional de Estadísticas y Censos,» Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2 Febrero 2017. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>. [Último acceso: 9 Octubre 2018].
- [4] A. Kumar, A. Rincón y N. Rojas, *Application of WRF-Chem model to simulate ozone conc entration over Bogota*, Bogota: Department of Chemical and Environmental Engineering, Universidad Nacional de Colombia , 2010.
- [5] S. Peralta, *Evaluación de configuraciones de parametrización física para la simulación numérica de temperatura y lluvia en el Ecuador*, Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2016.
- [6] SECRETARÍA DE AMBIENTE, «Quito Ambiente,» SECRETARÍA DE AMBIENTE, 2016. [En línea]. Available: [www.quitoambiente.gob.ec](http://www.quitoambiente.gob.ec). [Último acceso: 31 11 2018].
- [7] Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, «Municipio del Distrito Metropolitano de Quito,» Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2018. [En línea]. Available: [www.quito.gob.ec](http://www.quito.gob.ec). [Último acceso: 30 11 2018].
- [8] Gobierno Nacional de la República del Ecuador, «Sistema Nacional de Información,» Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://sni.gob.ec>. [Último acceso: 20 Octubre 2018].
- [9] Gobierno Nacional de la República del Ecuador, «Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología,» Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 12 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>. [Último acceso: 20 Octubre 2018].

- [10] R. Valdivia y M. Navarrete, «Open standards and interoperability: GTFS case,» *Ingeniare: Revista Chilena de Ingenieria*, vol. 24, nº 2, pp. 184-187, 2016.
- [11] Google LLC, «Feed GTFS de ejemplo,» Google Developers, 27 10 2015. [En línea]. Available: <https://developers.google.com/transit/gtfs/examples/gtfs-feed?hl=es>. [Último acceso: 30 11 2018].
- [12] World Meteorological Organization, «Satellite Data Formats and Standards,» World Meteorological Organization, 2017. [En línea]. Available: [http://www.wmo.int/pages/prog/sat/formatsandstandards\\_en.php](http://www.wmo.int/pages/prog/sat/formatsandstandards_en.php). [Último acceso: 30 11 2018].
- [13] National Oceanic and Atmospheric Administration / Environmental Research Laboratories, «Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set,» National Oceanic and Atmospheric Administration, 1985. [En línea]. Available: [https://icoads.noaa.gov/Release\\_1/coads.html](https://icoads.noaa.gov/Release_1/coads.html). [Último acceso: 30 11 2018].
- [14] K. Schwaber y J. Sutherland, «The Scrum Guide,» Scrum Alliance, 2011.
- [15] L. Rising y S. J. Norman, «Rising, Linda, and Norman S. Janoff. "The Scrum software development process for small teams,» *IEEE software*, vol. 17, nº 4, pp. 26-32, 2000.
- [16] J. Cho, «Issues and Challenges of agile software development with SCRUM.,» *Issues in Information Systems*, vol. 9, nº 2, pp. 188-195, 2008.
- [17] K. Schwaber, «Scrum development process.,» *Business object design and implementation*, pp. 117-134, 1997.
- [18] G. van Rossum, «Python Software Foundation,» The Python Software Foundation, 1990. [En línea]. Available: <https://docs.python.org/2/index.html>. [Último acceso: 16 Noviembre 2018].
- [19] «Django Documentation,» Django Software Foundation, 2017. [En línea]. Available: <https://docs.djangoproject.com/en/1.11/>. [Último acceso: 11 Noviembre 2018].
- [20] «Django REST Framework Documentation,» Encode OSS Ltd., 2011. [En línea]. Available: <https://www.django-rest-framework.org/>. [Último acceso: 16 Noviembre 2018].

- [21] A. Barseghyan, «Django-dash Documentation,» 01 12 2013. [En línea]. Available: <https://django-dash.readthedocs.io/en/0.5.5>. [Último acceso: 20 12 2018].
- [22] «PostgreSQL Documentation,» PostgreSQL Global Development Group, 2018. [En línea]. Available: <https://www.postgresql.org/docs/> . [Último acceso: 17 Noviembre 2018].
- [23] M. Bostock, «D3.js - Data Driven Documents,» 2017. [En línea]. Available: <https://d3js.org/> . [Último acceso: 17 Noviembre 2018].
- [24] D. Krajzewicz, J. Erdmann, M. Behrisch y L. Bieker, «Recent development and applications of SUMO-Simulation of Urban MObility.,» *International Journal On Advances in Systems and Measurements*, vol. 5, nº 3&4, 2012.

# ANEXOS

## Anexo A1

### Productos terminados en el proyecto

