

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación



SISTEMA AUTÓNOMO DE CORRECCIÓN DE TRENES DE
DÍGITOS PARA TRÁFICOS NO TERMINADOS ENTRE
PROVEEDORES DE TELEFONÍA

Reporte Técnico de Investigación presentado por:

Ernesto Anguiano Solorio 120900

Hector Manuel Alba Badillo 121169

Requisito para la obtención del título de
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Asesor

Dr. Javitt Higmar Nahitt Padilla Franco

Ciudad Juárez, Chihuahua a 05 de noviembre de 2019


Asunto: Liberación de Asesoría

Mtro. Ismael Canales Valdiviezo
Jefe del Departamento de Ingeniería
Eléctrica y Computación
Presente:

Por medio de la presente nos permitimos comunicarle que, después de haber realizado las asesorías correspondientes al reporte técnico Sistema Autónomo De Corrección De Trenes De Dígitos Para Tráficos No Terminados Entre Proveedores De Telefonía, los alumnos Hector Manuel Alba Badillo y Ernesto Anguiano Solorio, de la Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales, consideramos que lo han concluido satisfactoriamente, por lo que pueden continuar con los trámites de titulación intracurricular.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente



Dr. Javitt Higmarr Nahitt Padilla Franco

Profesor Investigador IIT



Ccp:

Coordinador del Programa de Sistemas Computacionales
Hector Manuel Alba Badillo
Ernesto Anguiano Solorio
Archivo

Ciudad Juárez, Chihuahua a 05 de noviembre de 2019

Asunto: Autorización de publicación

C. Ernesto Anguiano Solorio

Presente:

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos solicitados, informo a usted que se autoriza la publicación del documento de SISTEMA AUTÓNOMO DE CORRECCIÓN DE TRENES DE DÍGITOS PARA TRÁFICOS NO TERMINADOS ENTRE PROVEEDORES DE TELEFONÍA, para presentar los resultados del proyecto de titulación con el propósito de obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.


Dr. Vianey Guadalupe Cruz Sánchez
Profesor Titular de Seminario de Titulación II

Ciudad Juárez, Chihuahua a 05 de noviembre de 2019

Asunto: Autorización de publicación

C. Hector Manuel Alba Badillo

Presente:

En virtud de que cumple satisfactoriamente los requisitos solicitados, informo a usted que se autoriza la publicación del documento de SISTEMA AUTÓNOMO DE CORRECCIÓN DE TRENES DE DÍGITOS PARA TRÁFICOS NO TERMINADOS ENTRE PROVEEDORES DE TELEFONÍA, para presentar los resultados del proyecto de titulación con el propósito de obtener el título de Licenciado en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.


Dr. Vianey Guadalupe Cruz Sánchez
Profesor Titular de Seminario de Titulación II

Declaración de Originalidad

Nosotros, Ernesto Anguiano Solorio y Hector Manuel Alba Badillo, declaramos que el material contenido en esta publicación fue generado con la revisión de los documentos que se mencionan en la sección de referencias y que la solución desarrollada es original y no ha sido copiada de ninguna otra fuente, ni ha sido usada para obtener otro título o reconocimiento en otra Institución de Educación Superior.



Ernesto Anguiano Solorio



Hector Manuel Alba Badillo

Índice general

INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1 Antecedentes	8
1.1.1 Formato de un Tren de Dígitos	8
1.1.2 Rol de Telmex en la Telefonía en México.....	9
1.1.3 Portabilidad en México	10
1.1.4 Centro de Administración de Portabilidad Numérica (NPAC).....	12
1.1.5 Aloha IVR-AVP.....	13
1.2 Definición del Problema	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificación	16
1.5 Alcances y Limitaciones	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Voz Sobre Protocolo de Internet (VoIP).....	18
2.2 Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP)	18
2.2.1 INVITE	19
2.3 Reconocimiento de Audio.....	21
2.4 Asterisk	23
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	25
3.1 Producto Propuesto	25
3.2 Metodología	26
3.2.1 Metodología de Prototipo	27
3.3 Desarrollo.....	27
3.3.1 Consulta SQL a CDR.....	28
3.3.2 Automatización Web	30
3.3.3 Generación de Nuevos Trenes de Dígitos.....	31

3.3.4 Generación de Archivos ‘call’ con el Nuevo TDD.....	33
3.3.5 Web Crawler	33
3.3.5.1 Creación de una Instancia de NightmareJS.	34
3.3.5.2 Ejecución de la Instancia de NightmareJs	35
3.3.5.3 Validación del Funcionamiento de la Página de Consulta Nacional	36
3.3.5.4 Ejecución del Web Crawler	37
3.3.6 Generación de Llamadas desde el Servidor con Asterisk	38
3.3.6.1 Contexto en Asterisk Dentro del Sistema	39
3.3.6.2 Limitación de Llamadas Simultáneas Permitidas en el Servidor.....	40
3.3.7 Reconocimiento de Audio.....	42
3.3.8 Route Lookup.....	45
3.3.8.1 Resultados en Relación a los Clientes	46
3.3.8.2 Resultados en Relación a Otros Proveedores de Telefonía	47
3.3.9 Ejecución No Automática del Sistema	49
3.4 Aspectos Éticos	50
CAPÍTULO IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES.....	53
VI. REFERENCIAS	55

Índice de figuras

Figura 1.1: Entrega de llamada hacia un móvil antes del 03 de agosto de 2019.	9
Figura 1.2: Entrega de llamada hacia un móvil después del 03 de agosto de 2019.....	10
Figura 1.3: Llamada no terminada por causa de un tren de dígitos incorrecto.	12
Figura 1.4: Flujo de ejecución del sistema de acuerdo a los objetivos específicos.	16
Figura 2.1: Trazado SIP de una llamada [6].	19
Figura 2.2: Ejemplo de un INVITE [6].....	20
Figura 2.3: Espectrograma de un audio [7].....	22
Figura 2.4: Espectrograma ampliado de un audio [7].....	23
Figura 3.1: Diagrama de ejecución del sistema.	26
Figura 3.2: Diagrama de metodología prototipo [9].	27
Figura 3.3: Consulta hacia CDR para extraer llamadas consideradas TNT.	29
Figura 3.4: Página de consulta de marcación y números identificadores de región [10].	30
Figura 3.5: Retorno de una consulta en el portal web [10].	31
Figura 3.6: Generación de trenes de dígitos.....	33
Figura 3.7: Generación de una instancia de Nightmare.	34
Figura 3.8: Ejecución de creación de instancia de NightmareJS con un generador.	35
Figura 3.9: Automatización para la extracción de información de la página del IFT.	36
Figura 3.10: Verificación de que esté operando portal de consulta nacional.	37
Figura 3.11: Contenido de un archivo con extensión “.call”.	38
Figura 3.12: Contexto en Asterisk dentro del sistema.	39
Figura 3.13: Resultado del comando “asterisk -rx 'show channels'” en Linux.....	41
Figura 3.14: Generación de archivos “.call” en el servidor para salida de llamadas.....	41
Figura 3.15: Creación de un objeto Dejavu.	42
Figura 3.16: Obtención de huellas digitales de audios en un directorio.	43
Figura 3.17: Función principal para obtener las huellas digitales de un audio.....	44
Figura 3.18: Interfaz de portal de análisis para ruta de llamadas.....	45
Figura 3.19: Resultados del análisis de una llamada en relación al cliente.	46
Figura 3.20: Información detallada del análisis de una llamada en relación al cliente. ...	47
Figura 3.21: Información del análisis de una llamada en relación a otros proveedores. ..	48

Figura 3.22: Interfaz web.....	49
Figura 3.23: Ejemplo de correo recibido al realizar ejecución manual del sistema.	50
Figura 4.1: TNT's resueltos con el sistema por mes.....	51
Figura 5.1: Gráfica de líneas de TNT resueltos por mes.	53

Resumen

El presente documento demuestra el desarrollo de un sistema de marcado automático para la resolución de problemas de tráficos no terminados.

El proyecto se realizó con el fin único de ser implementado dentro de la red de Transtelco, proveedor de servicios de telecomunicaciones. Uno de los problemas de la empresa es que debido a los números telefónicos que son portados a diario en México, se generan tráficos no terminados, ya que en algunas ocasiones estos números no son actualizados en las bases de datos de la empresa. Cada proveedor de telefonía es responsable de administrar y actualizar sus propias bases de datos con archivos que son proporcionados por el Instituto Federal de Telecomunicaciones, en donde se listan los números telefónicos que son portados a nivel nacional, aproximadamente 50 mil cada día.

En el desarrollo del proyecto se utilizó la metodología de Prototipo, implementando una combinación de herramientas y lenguajes de programación, así como lo son Asterisk, Bash, Python y JavaScript.

Este sistema se ejecuta de forma automática diariamente, y además se implementó una interfaz web para su ejecución manual dado un bloque de números telefónicos a consultar, finalmente se trabajó en un portal web para la simulación de llamadas dentro de la red de Transtelco, lo cual ayuda a rastrear la ruta que puede tomar una llamada tomando como parámetros un número telefónico de origen y uno de destino.

Este sistema ha sido capaz de resolver un total de más de 2,500 problemas de tráficos no terminados que se tenían en la red de la empresa, y continúa ejecutándose a diario para resolver problemas a futuro.

Como conclusión del proyecto, con la ejecución diaria del sistema cada vez son menores los problemas de tráficos no terminados en red de la empresa, logrando así brindar un mejor servicio para los clientes.

Palabras clave: Automático, tráfico no terminado, números portados, tren de dígitos.

Introducción

Un tráfico no terminado es el término que se le atribuye cuando una llamada no se enlaza correctamente entre dos proveedores de telefonía.

Los tráficos no terminados son una problemática a nivel mundial entre proveedores de telefonía, éstos pueden ser causados por distintas razones, entre ellas, problemas físicos con los dispositivos de telefonía, o por fallas de configuración en los elementos de comunicación de una red de telefonía, de las cuales se destacan por ejemplo, que no se enruta (para fines de este documento se entiende por enrutar a la acción de encontrar un camino para los datos desde un origen hasta un destino), de forma correcta una llamada, se tienen configuraciones distintas en los SBC (Controlador de Borde de Sesión) entre proveedores, problemas de códec, entre otras.

Transtelco es una empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones como internet, telefonía, servicios mesh, entre otros. En Transtelco, se tienen problemas de tráficos no terminados a diario y la mayoría de ellos es porque las llamadas salen de la red de Transtelco hacia la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada) con un Tren de Dígitos (TDD) erróneo en el INVITE (definido en el capítulo 2.2.1) de una llamada.

En este proyecto se busca desarrollar un sistema para automatizar una solución a esta problemática. En donde se identifican las llamadas no terminadas en los Registros de Detalles de Llamadas (CDR por sus siglas en inglés) y se verifica que la llamada se esté generando con un tren de dígitos correcto para salir a la red telefónica pública conmutada, de no ser así se genera un nuevo tren de dígitos a partir de una consulta automatizada a la página web de consulta de numeración nacional, un recurso que brinda el Instituto Federal de Telecomunicaciones. Además, se verifica que se esté enrutando de forma correcta una llamada dentro de la red de Transtelco.

La forma de validación para este proyecto se llevó a cabo mediante pruebas de llamadas utilizando un generador de llamadas automático (autodialer) en el que se comprueba que el tren generado para cada llamada es correcto, al validar que esta llamada sea terminada hasta un usuario final de telefonía en México.

En este documento se explicará la investigación, el diseño y el desarrollo que se llevaron a cabo para la elaboración de este sistema.

En el capítulo uno se indaga sobre la problemática actual en la empresa de Transtelco y los tráficos no terminados, mientras que en el capítulo dos se expone el marco teórico sobre el que se basa el desarrollo de este proyecto. En el capítulo tres se abarca el desarrollo del proyecto con cada una de las herramientas utilizadas, finalmente en los capítulos cuatro y cinco se mencionan los resultados y conclusiones de la ejecución del sistema en los diez meses en los que ha estado en producción.

Capítulo I. Planteamiento del Problema

En el presente capítulo se enuncia uno de los principales problemas de la empresa Transtelco en cuanto al servicio que brinda en telefonía. Se propone un sistema de mejora de servicio, sus objetivos y la justificación que lo sustenta.

1.1 Antecedentes

A continuación, se presentan los detalles del intercambio de llamadas entre los proveedores de servicios telefónicos en México, cómo se manejan las portabilidades en México y en Estados Unidos y una propuesta de un sistema que fue desarrollado en el pasado.

1.1.1 Formato de un Tren de Dígitos

El Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) emite las especificaciones técnicas en el tren de dígitos para la implantación de la portabilidad de números geográficos y no geográficos, aplicando para todos los proveedores de telefonía, y tienen como objetivo definir el tren de dígitos en la señalización de las llamadas hacia la PSTN.

En el tren de dígitos se incluyen los siguientes objetos:

- IDD: Identificador de red local destino.
- IDO: Identificador de red local origen.
- NN: Número nacional a diez dígitos.

Prefijos de marcación:

- 01: Llamada de larga distancia nacional.
- 044: Llamada a números móviles.
- 045: Llamada a números móviles de larga distancia nacional.

El uso de los prefijos en la marcación cesó a partir del 03 de agosto del 2019, como se indica en el Comunicado de Prensa No. 34/2019 publicado por el IFT [1].

- Todos los números telefónicos en el país, ya sean fijos o móviles, tendrán diez dígitos, por lo que será más sencillo realizar las llamadas.
- En el caso de números móviles, se eliminan los prefijos 044 y 045, mientras que en los de larga distancia se elimina el 01.

El tren de dígitos se construye de la siguiente manera:

- Llamadas de larga distancia nacional
IDD + IDO + 01 + NN
- Llamadas a números móviles
IDD + IDO + 044 + NN

En la Figura 1.1, se muestra un ejemplo del flujo de una llamada, tomando en cuenta cómo se construía el tren de dígitos usando prefijos, antes de aplicar el cambio en la marcación el 03 de agosto del 2019.

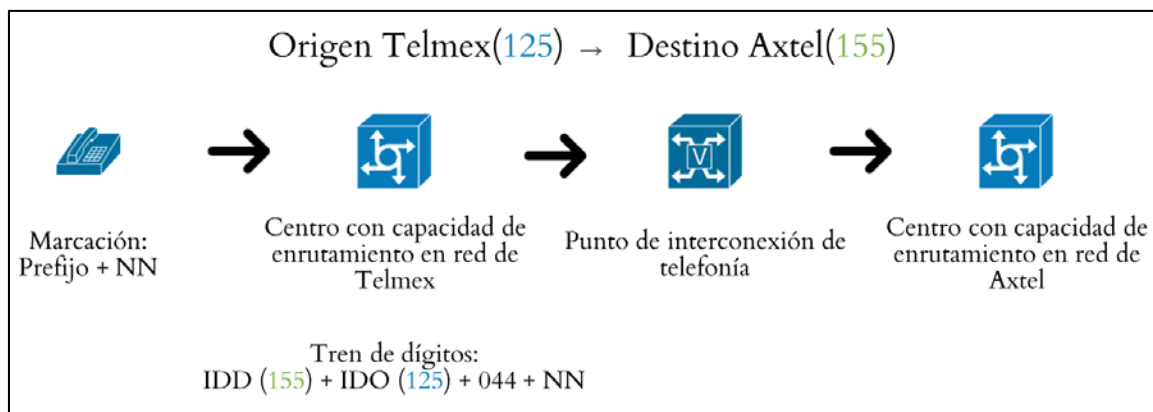


Figura 1.1: Entrega de llamada hacia un móvil antes del 03 de agosto de 2019.

1.1.2 Rol de Telmex en la Telefonía en México

Telmex representa un monopolio en la telefonía en México, ya que es el único proveedor de servicios que tiene una interconexión de telefonía con cada proveedor de servicios en el

país. Lo anterior, es debido a que los costos de mantenimiento de una interconexión de telefonía son muy altos, por esta razón, Telmex es la principal compañía transportadora de tráfico de telefonía en el país.

A continuación, en la Figura 1.2 se muestra cómo la red de Telmex funge como transportadora del tráfico de una llamada de proveedor de telefonía origen Transtelco y proveedor de telefonía destino Axtel. Se observa cómo Telmex utiliza el IDD (Identificador de Destino) para enrutar la llamada hacia su punto de interconexión con Axtel y poder entregar la llamada al destino. Cabe mencionar que este ejemplo excluye los prefijos de marcación, tomando en cuenta que esto se aplicó a partir del 03 de agosto del 2019.

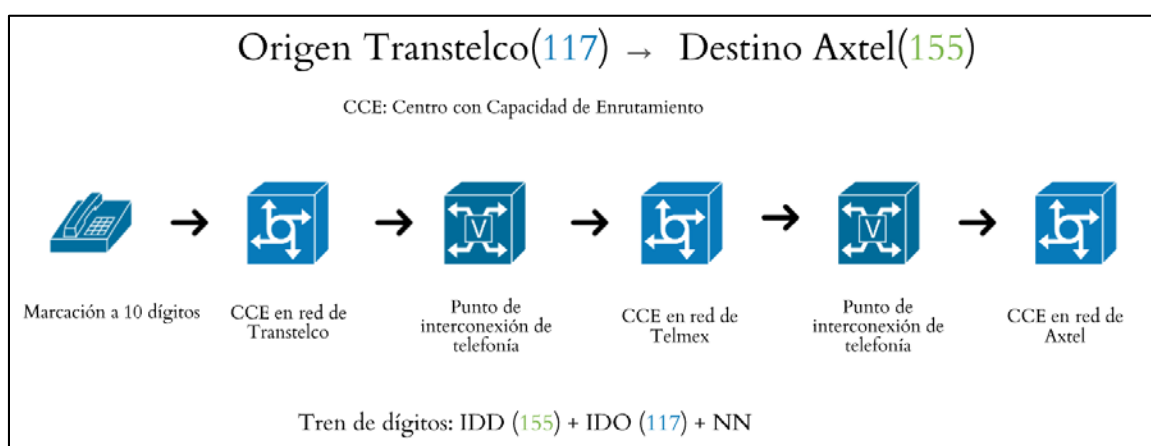


Figura 1.2: Entrega de llamada hacia un móvil después del 03 de agosto de 2019.

1.1.3 Portabilidad en México

Según el Instituto Federal de Telecomunicaciones “la portabilidad se define como el derecho de los usuarios de conservar el mismo número telefónico al cambiarse de concesionario o prestador de servicios de telefonía de manera gratuita” [2].

Antes de la existencia de las portabilidades, cambiar de proveedor de servicio significaba tener que cambiar de número telefónico.

A diario, el IFT publica el plan nacional de numeración, en donde indica todas las portabilidades que se realizan, y además también indica las nuevas adquisiciones de series de números a los proveedores de telefonía en mayoreo.

Es muy usual que los cambios correspondientes no son aplicados correctamente en los centros de capacidad de enrutamiento de cada proveedor de servicios, y esto ocurre a nivel nacional.

A continuación, se ejemplifica la asignación de una serie ficticia de números telefónicos nacionales a un proveedor de servicios por parte del IFT, y el proceso que se lleva a cabo en una portabilidad, en donde no se aplica correctamente el cambio de IDD en Transtelco.

1. La compañía Axtel adquiere la liberación por parte del IFT de una serie de diez mil números: del 6569640000 al 6569649999.
2. Axtel revende los números a usuarios finales (ya sea individualmente para usuarios privados o rangos de números para empresas).
3. El usuario de telefonía que adquirió el número 6569641234 decide realizar una portabilidad a la compañía Total Play. En este caso, todas las compañías deben de actualizar sus bases de datos, para sacar las llamadas de su red hacia ese número, con el nuevo IDD de Total Play (133).
4. Transtelco no actualiza en sus bases de datos de marcación la portabilidad realizada, por cualquiera de los motivos antes mencionados.
5. Transtelco continúa enrutando la llamada con IDD de Axtel (155) cuando uno de sus usuarios marca hacia ese destino, como se muestra en la Figura 1.3.
6. Telmex, como proveedor de transporte de esta llamada, enruta la llamada hacia Axtel, ya que se tiene un IDD con destino Axtel (155) en el tren de dígitos generado por Transtelco.
7. Axtel al recibir una llamada en su red, con un número destino que ya no está en su red, rechaza la llamada.
8. La llamada no se enlaza y el usuario que realiza la llamada no entiende la razón de esto, si el marcó correctamente.

Como se observa en la Figura 1.3, Telmex enruta la llamada realizada hacia el número destino 6569641234 hacia la red de Axtel, ya que por registro Transtelco tenía que ese número pertenece a una serie que es de Axtel, por lo que genera una llamada con un tren de dígitos con un identificador de destino 155, que corresponde a Axtel. El tren de dígitos correspondiente a este número debió de haber sido generado de la siguiente manera:

- IDD (133) + IDO (117) + 6569641234.

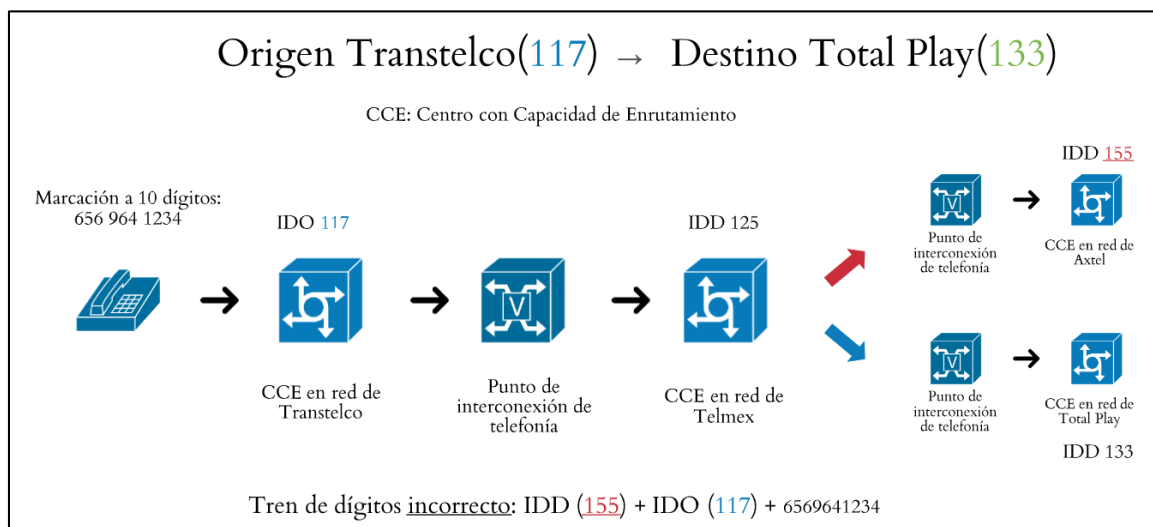


Figura 1.3: Llamada no terminada por causa de un tren de dígitos incorrecto.

1.1.4 Centro de Administración de Portabilidad Numérica (NPAC)

El NPAC (*Number Portability Administration Center* por sus siglas en inglés) presta sus servicios para todos los proveedores de Estados Unidos y Canadá. Administrada por NeuStar, Inc. (anteriormente CIS-Lockheed Martin) desde su fundación en 1996 [3].

Esta plataforma se encarga de recibir la información de ruteo de un proveedor de servicio de un número que está a punto de ser portado, después, distribuye la información hacia los otros proveedores de servicio una vez que la portabilidad ha tomado efecto.

La plataforma trabaja de manera centralizada, esto significa que todos los proveedores consultan una misma base de datos, la cual contiene los números telefónicos

con sus respectivos dueños, esto permite brindar un mejor servicio para los usuarios finales y en caso de falla (por ejemplo un número mal portado) sólo es necesario reportar el número y hacer los cambios necesarios a una base de datos que todos consultan, al contrario de como se maneja en México que cada proveedor mantiene su propia base de datos.

Dicha plataforma facilita el ruteo de más de cuatro billones de llamadas telefónicas por día y permite más de un millón de consultas diarias con una tasa del 99.999% de disponibilidad [4].

Actualmente, el NPAC mantiene el registro de números portados más grande del mundo, administrando más de 500 millones de números telefónicos para más de 2,000 proveedores entre Estados Unidos y Canadá [4].

1.1.5 Aloha IVR-AVP

Es una plataforma de verificación automática de grabación de voz entrante, cabe señalar, que la plataforma en mención fue la base de la cual se obtuvo la idea para el desarrollo de este proyecto.

El objetivo de esta plataforma es validar los servicios que prestan las compañías de telecomunicaciones de forma automática desde el punto de vista de un usuario final. A veces las compañías telefónicas tienen problemas en el ruteo de llamadas como mandar una llamada a un número destino incorrecto.

Cuando se programa una prueba con uno o más números de teléfono, la plataforma marcará esos números y creará una grabación de la llamada. Esta grabación servirá para después de terminadas las llamadas compararlas con audios existentes en una base de datos.

El método utilizado para la comparación de las grabaciones se llama huella digital acústica. Los audios son comparados y si tienen una coincidencia mayor a lo establecido previamente, se considera que los audios son iguales [5].

1.2 Definición del Problema

Los problemas de tráficos no terminados en telefonía se presentan a diario en la empresa Transtelco, como consecuencia, los clientes que no pueden enlazar llamadas hacia destinos específicos, genera para usuarios finales una molestia, pérdidas económicas, y afectaciones de productividad, ya que se está pagando por un servicio de telefonía y esperan que funcione de manera eficaz.

Un TNT (Tráfico No Terminado) hacia cierto número nacional, dentro de la red de Transtelco no necesariamente es un número que presente el mismo problema en otras compañías, por lo que los clientes reclaman que realizando una llamada hacia el mismo número desde otra compañía ésta si se enlaza correctamente.

Lo anterior, genera problemas para contactar a sus proveedores y a clientes, por lo que es de suma importancia que se tenga el menor número posible de TNT al día.

El ciclo de vida de un reporte por tráficos no terminados puede extenderse de entre dos a ocho horas para encontrar la razón de la falla, durante ese tiempo, ningún cliente de la empresa logrará comunicarse al número destino que presenta el problema.

Transtelco se ha visto afectado debido a que ha perdido clientes por estar insatisfechos con los problemas que tiene su servicio de telefonía, una de ellas, es la cantidad de TNT que se presentan, por lo que el cliente opta por buscar otra opción como proveedor de telefonía, esto representa la pérdida de millones de pesos para la empresa Transtelco, afectaciones a su prestigio y desgaste de recursos de tiempo y esfuerzo para los ingenieros de la empresa.

Es difícil cuantificar los daños ocasionados a los clientes a causa de los TNT, sin embargo, se infiere que repercute en la operación de sus servicios, ya que en muchas ocasiones el número telefónico que presenta una falla de TNT, es de algún cliente o proveedor que le es imposible contactar utilizando el servicio de Transtelco; como consecuencia, se observan para los clientes las afectaciones anteriormente mencionadas, reiteramos, pérdidas de millones de pesos, prestigio y desgaste.

En la empresa, se reciben a diario muchos reportes de clientes por tráficos no terminados, de los cuáles algunos de ellos son porque la llamada se enruta hacia la PSTN con un tren de dígitos incorrecto.

1.3 Objetivos

Desarrollar un sistema automatizado que solucione problemas de TNT en la empresa de Transtelco para aumentar la calidad del servicio de telefonía en la empresa.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Localizar llamadas no enlazadas a causa de trenes de dígitos incorrectos.
- Automatizar mediante *web scrapping* la consulta al plan nacional de numeración en la página web del IFT.
- Validar con un autodialer que los nuevos trenes de dígitos generados sean correctos.
- Validar con reconocimiento de audio las llamadas enlazadas con el nuevo tren de dígitos.
- Encontrar la ruta de salida de una llamada de acuerdo a la infraestructura de Transtelco, tomando en cuenta las diferentes interconexiones que se tienen con otros proveedores de servicios.

En la Figura 1.4, se muestra el flujo de ejecución que debe tener el sistema, de acuerdo a los objetivos específicos del proyecto.

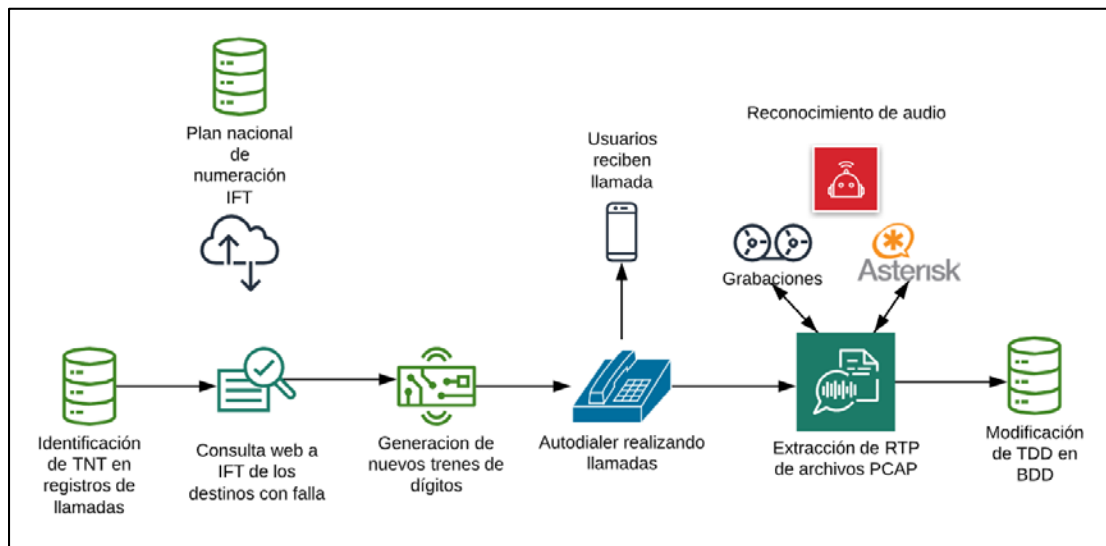


Figura 1.4: Flujo de ejecución del sistema de acuerdo a los objetivos específicos.

1.4 Justificación

El desarrollo de este sistema permitirá mejorar la calidad de servicio que se le otorga a los clientes que cuenten con un servicio de telefonía contratado con Transtelco, así como disminuir los reportes sobre llamadas no enlazadas, esto significa ganancias económicas para la empresa, el sostenimiento e incremento de clientes, además de que los ingenieros de la empresa puedan enfocar más tiempo en desarrollar soluciones a otros problemas y proyectos. Por último, el sistema de automatización de solución de tráficos no terminados, apoyará a mejorar la eficiencia y calidad del servicio de la empresa y su prestigio.

1.5 Alcances y Limitaciones

El presente sistema está hecho para trabajar bajo las normas que establece el Instituto Federal de Telecomunicaciones en México para la comunicación y enlace de llamadas entre proveedores.

- Debido a que en otros países se maneja de forma distinta, se necesitarían hacer modificaciones en el código y en la forma en que trabaja para lograr un correcto funcionamiento.
- La corrección de números portados sólo funciona para números geográficos, se entiende por geográficos aquellos números que tienen un identificador de región (también conocido como lada), por ejemplo, números que comienzan con 656 son de Cd. Juárez, 473 de Guanajuato, 664 de Tijuana, etc.
- Otro punto que se debe tener a consideración es la infraestructura con la que se cuenta para la instalación de este sistema, actualmente se tiene instalado en un servidor con un procesador (un núcleo) y dos gigabytes de memoria RAM, debido a que este server maneja la carga de este sistema entre otros procesos de operación se optó por la limitación de llamadas que se pueden hacer simultáneamente (diez).

Capítulo II. Marco Teórico

A continuación, se presentan los fundamentos de los temas que abarca el proyecto.

2.1 Voz Sobre Protocolo de Internet (VoIP)

Servicio telefónico por internet. Se refiere a la capacidad de obtener un servicio de telefonía entregado a través de una conexión de internet.

Algunos de los protocolos más usados en este servicio son:

- *Session Initiation Protocol (SIP)*: Protocolo encargado de administrar la conexión.
- H.323: Fue uno de los primeros protocolos de señalización y control de llamadas.
- *Real-time Transfer Protocol (RTP)*: Protocolo de transporte para audio y video en tiempo real.
- *Session Description Protocol (SDP)*: formato usado principalmente por SIP para describir conexiones VoIP.
- *Inter-Asterisk eXchange (IAX)*: Protocolo utilizado entre servidores VoIP.

2.2 Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP)

Creado por *Internet Engineering Task Force (IETF)*, es el protocolo para sesiones VoIP, así como otras sesiones multimedia y de texto. Es un protocolo de capa de aplicación (señalización) para crear sesiones entre dos o más participantes. Cada vez que se desea crear una sesión, se crea una invitación SIP, esta se usa para acordar tipos de configuraciones compatibles entre los participantes [6].

Muy parecido al protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*), los mensajes consisten en encabezados y cuerpos de contenido basado en texto utilizando UTF-8 como formato de codificación, muchos de los mensajes y encabezados utilizan una sintaxis idéntica a HTTP/1.1.

Un mensaje SIP puede tratarse de una petición de un cliente a un servidor o de una respuesta de un servidor a un cliente. Ambas, peticiones y respuestas, consisten en una

línea de inicio, uno o más encabezados, una línea vacía indicando el final de los encabezados y un cuerpo de mensaje opcional.

En la Figura 2.1, se muestra un ejemplo de un trazado típico, en donde se puede observar el intercambio de mensajes del protocolo SIP entre dos usuarios, en donde se toma como ejemplo que un usuario (Alice) llama a otro (Bob) usando SIP.

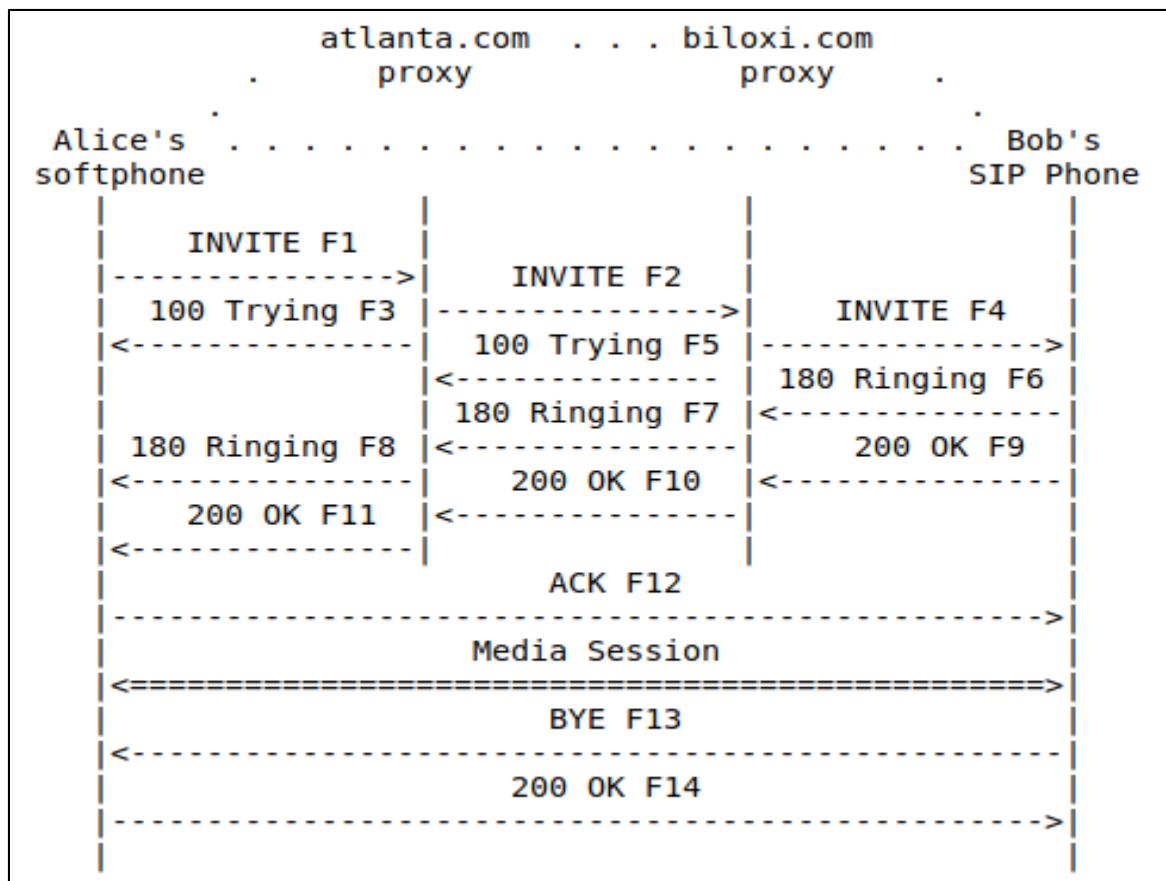


Figura 2.1: Trazado SIP de una llamada [6].

2.2.1 INVITE

Una solicitud SIP INVITE, es el primer mensaje que se manda de un controlador de borde de sesión a otro, para iniciar una sesión SIP.

Una solicitud SIP válida formulada por un usuario debe, como mínimo, contener los siguientes campos de encabezado: To, From, CSeq, Call-ID, Max-Forwards, y Via; todos estos campos de encabezado son obligatorios en todas las peticiones SIP. Estos seis campos de encabezado son la estructura fundamental de los bloques de un mensaje SIP, ya que conjuntamente proporcionan la mayor parte de información importante para el enrutamiento, incluido el direccionamiento de los SBC, enrutamiento de respuestas SIP, limitación de propagación de mensajes, solicitudes de mensajes SIP y la identificación única de transacciones de mensajes SIP. Estos campos de encabezado son adicionales a la línea de solicitud obligatoria, que contiene el método, Request-URI y la versión SIP. En la Figura 2.2, se muestra un INVITE con la información mínima necesaria para iniciar una sesión SIP.

```
INVITE sip:bob@biloxi.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.atlanta.com;branch=z9hG4bK776asdhs
Max-Forwards: 70
To: Bob <sip:bob@biloxi.com>
From: Alice <sip:alice@atlanta.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.atlanta.com
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:alice@pc33.atlanta.com>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142
```

Figura 2.2: Ejemplo de un INVITE [6].

Encabezados:

- Via: Contiene la dirección (pc33.atlanta.com) de la cual se espera una respuesta, también contiene un ID (*branch*) para identificar el intercambio de mensajes.
- To: Contiene el nombre (Bob) y una dirección “SIP URI” (sip:bob@biloxi.com) hacia la cual va dirigido la solicitud.
- From: Contiene el nombre (Alice) y una dirección “SIP URI” (sip:alice@atlanta.com) que indica el originador de la petición.

- Call-ID: Contiene un identificador único global para la llamada generada a partir de una combinación de caracteres al azar y el host o dirección IP destino.
- Cseq (Secuencia de comando): Contienen un número entero y un nombre de método. El número es incrementado en uno por cada nueva solicitud.
- Contact: Contiene la dirección SIP “SIP URI” que representa la ruta directa hacia el contacto que origino la llamada (Alice). Está compuesto por el nombre de usuario y un nombre de dominio completo (FQDN) o IP.
- Max-Forwards: Sirve para limitar el número de saltos que una petición puede hacer en su camino hacia su destino. Consiste de un número entero el cual es incrementado de uno en uno en cada salto.
- Content-Type: Contiene la descripción del cuerpo de contenido (en caso de haber).
- Content-Length: Contiene un octeto (un byte) del tamaño del cuerpo de contenido.

Los detalles de la sesión, como lo son el tipo de media, códec o frecuencia de muestreo son descritos en el cuerpo de contenido del mensaje SIP.

2.3 Reconocimiento de Audio

Dejavu es una librería de código abierto de Python para la obtención de huellas digitales de audio.

Esta librería puede memorizar audio con escucharlo y procesar sus huellas digitales. Después, al reproducir un audio, Dejavu trata de emparejar ese audio contra las huellas digitales guardadas previamente en la base de datos y de esta forma regresar la información del audio que está siendo reproducido.

El algoritmo funciona basado en huellas digitales. Las huellas digitales son hashes sensibles a la localidad en que se encuentran de acuerdo al espectrograma del audio. El proceso para hacer esto es tomar la Transformada rápida de Fourier (FFT) de la señal sobre ventanas de la canción e identificando los picos. Es necesario tener un algoritmo robusto para la localización de los picos, de lo contrario se tendrá una relación señal/ruido deficiente [7].

En la Figura 2.3 se muestra el espectrograma de los primeros segundos de una canción. El espectrograma es un diagrama 2D que muestra la amplitud en función del tiempo (una ventana) y frecuencia. Se puede apreciar donde se producen los máximos (picos).

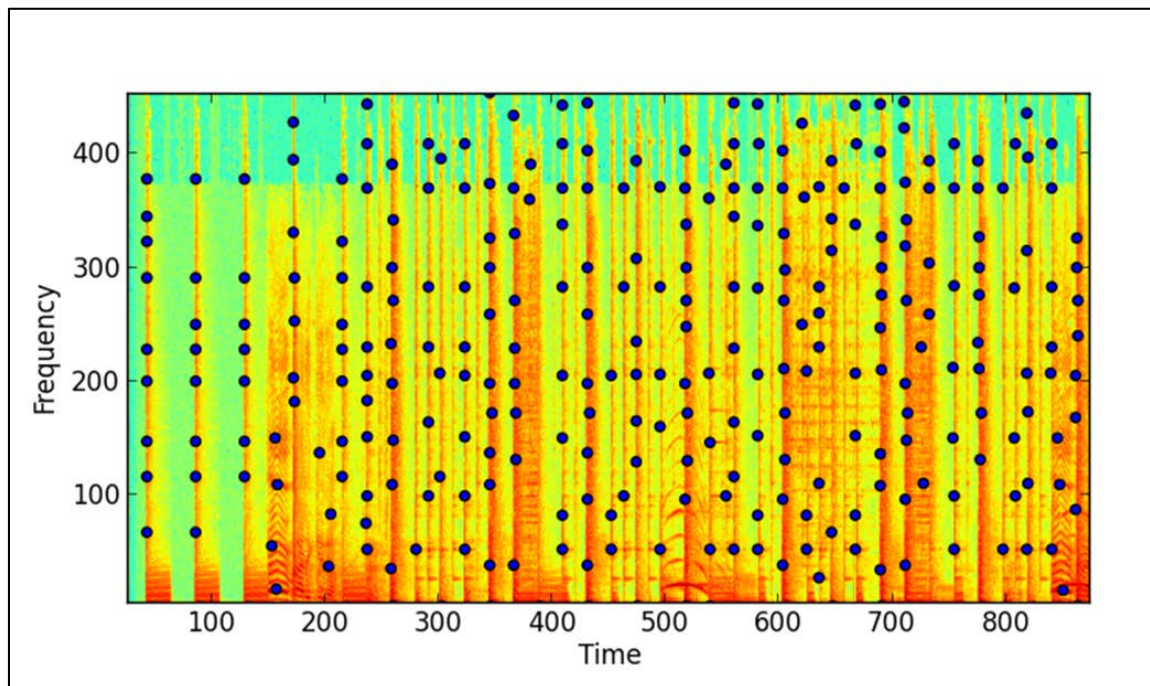


Figura 2.3: Espectrograma de un audio [7].

Encontrar los máximos locales es una combinación de un filtro de paso alto (un umbral en el espacio de amplitud) y algunas técnicas de procesamiento de imágenes para encontrar máximos. Se emplea un concepto de "vecindario", un máximo local con solo sus píxeles directamente adyacentes es un pico deficiente, uno que no sobrevivirá al ruido de los altavoces y el micrófono.

Al hacer un incremento a la imagen anterior, como se muestra en la Figura 2.4, se puede apreciar cómo se agrupan los picos, ese es el paso que requiere más trabajo de procesamiento. Los picos son combinados usando sus intervalos de tiempo y frecuencia para crear un hash único para ese momento en particular del audio, creando una huella digital.

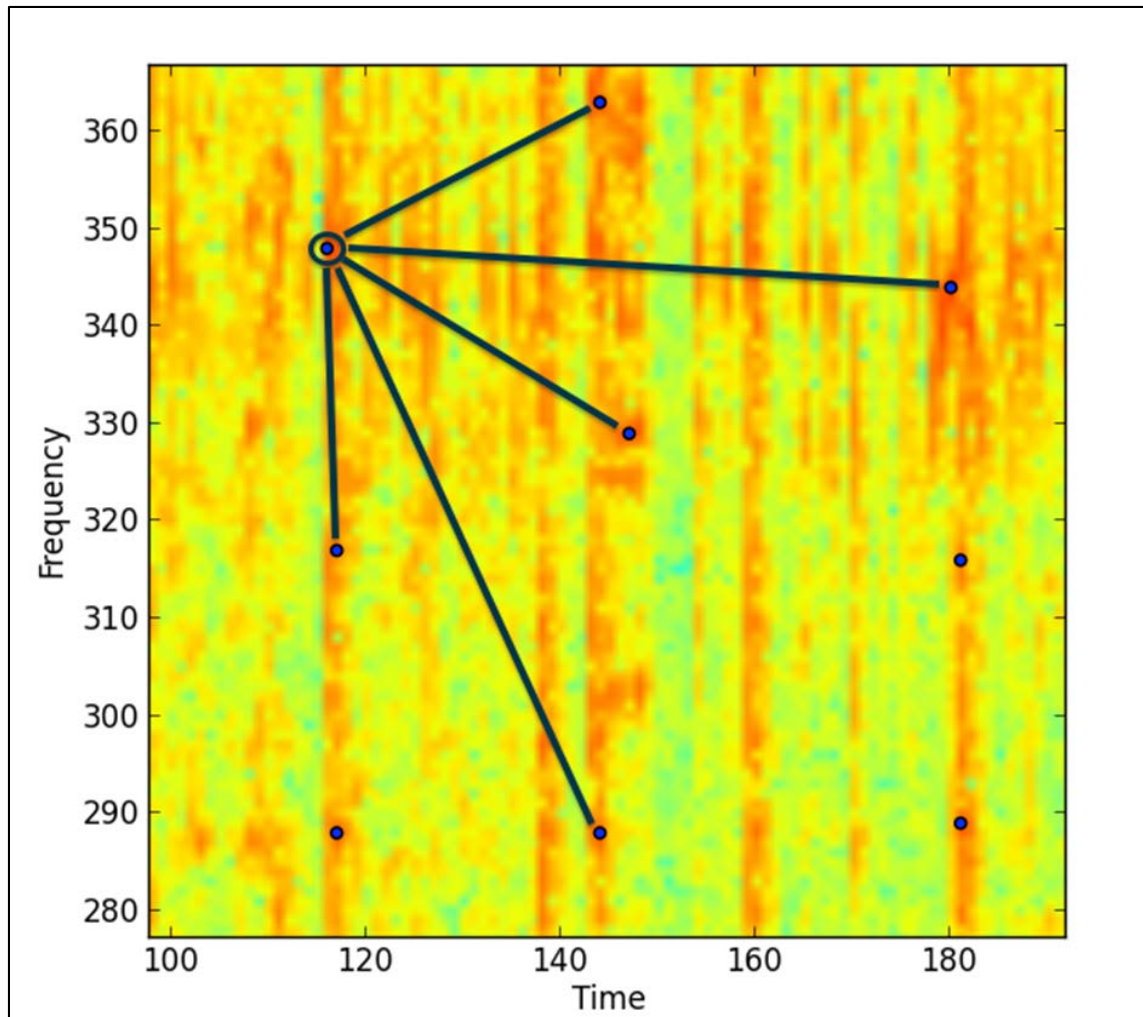


Figura 2.4: Espectrograma ampliado de un audio [7].

2.4 Asterisk

Asterisk es un conjunto de herramientas de código abierto para la creación de aplicaciones de comunicaciones. Asterisk está presente en sistemas IP PBX, VoIP gateways, servidores de conferencias entre otros en más de 170 países [8].

Este sistema trabaja en sistemas operativos Linux, BSD y OS X y soporta cuatro protocolos para trabajar bajo VoIP: SIP, IAX, MGCP y H.323. Se configura a base de módulos, lo que permite hacer instalaciones personalizadas solo con lo que se requiera siendo tan completo que es capaz de trabajar como un PBX (*Private Branch Exchange*), entre las características que ofrece se encuentran:

- Correo de voz.
- Conferencias.
- Respuestas de voz interactivas (IVR).
- Colas de llamadas.
- Servicios de identificación de llamadas.

En Transtelco, Asterisk, es la base para muchos de los procesos que se requieren para el enrutamiento de llamadas, siendo que es de uso gratuito y de código abierto permite hacer las manipulaciones y configuraciones necesarias para dar solución a cada problema que se presente.

Capítulo III. Desarrollo del Proyecto

El presente capítulo expone la metodología que se utilizó para desarrollar este proyecto, seleccionada por su pertinencia en el contexto de este escenario. Además, se explica detalladamente el proceso de ejecución de cada uno de los elementos que conforman el sistema, se integran algunos de los fragmentos de código con los que fue desarrollado este sistema y comprueban su funcionamiento eficaz.

3.1 Producto Propuesto

A continuación, la Figura 3.1 expone un diagrama que muestra la secuencia de cómo el sistema se ejecuta paso a paso. Así mismo, la simbología de los componentes y el proceso de cómo se lleva a cabo la solución de un problema de tráfico no terminado, causado por un tren de dígitos incorrecto.

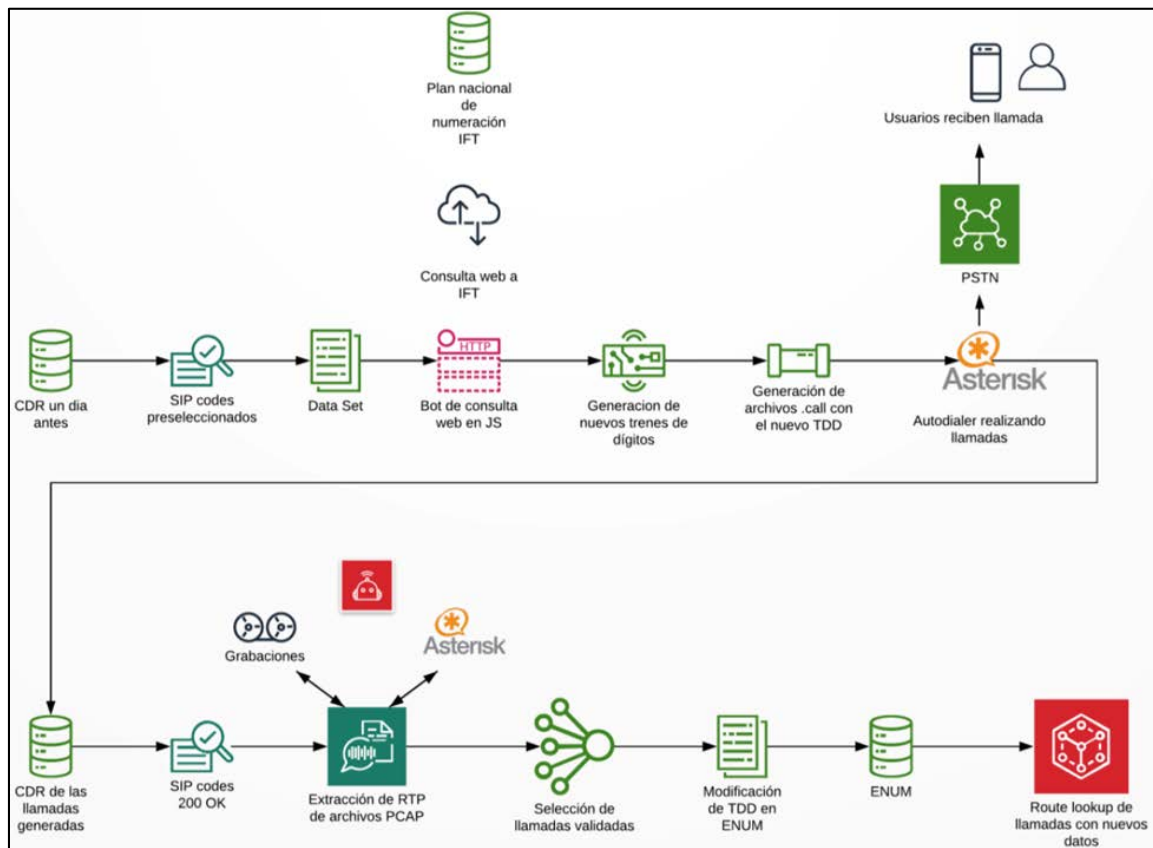


Figura 3.1: Diagrama de ejecución del sistema.

3.2 Metodología

De los diferentes tipos de metodologías existentes para desarrollo de software que se investigaron se decidió implementar la metodología de Prototipo.

Un prototipo es una muestra temprana, modelo o lanzamiento de un producto construido para probar un concepto o proceso, funciona como algo que puede ser replicado o tomado como base para algo más. El propósito de un prototipo es evaluar una propuesta.

Se optó por esta metodología debido a que es muy útil en sistemas complicados, de los cuáles no se tiene un manual de procesos o sistemas existentes que ayuden a determinar los requerimientos necesarios.

3.2.1 Metodología de Prototipo

La idea básica de un modelo de prototipo nos muestra que, en lugar de tener requerimientos ya definidos antes de proceder a programar, un prototipo es hecho para entender los requerimientos. Así como se muestra en la Figura 3.2, los pasos que sigue esta metodología son [9]:

- Determinar los objetivos: Documentar qué es lo que se busca.
- Desarrollar: Elaborar un prototipo para lograr el objetivo propuesto.
- Refinar: Hacer los cambios necesarios de acuerdo a lo que se observó en el desarrollo.
- Demostrar: Realizar una demostración del prototipo.
- Probar: Evaluar el funcionamiento del prototipo.
- Implementar: Poner a trabajar el proyecto desarrollado.

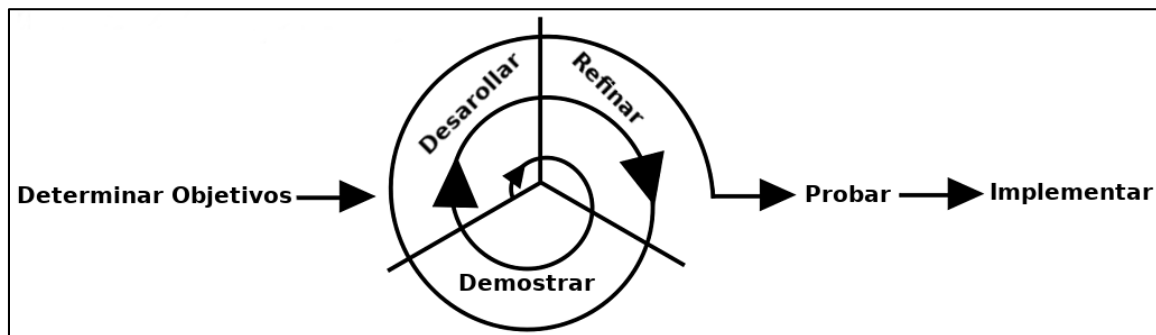


Figura 3.2: Diagrama de metodología prototipo [9].

3.3 Desarrollo

Enseguida se explica el funcionamiento del sistema desarrollado paso a paso. Dicho sistema se ejecuta automáticamente a diario a las 09:00 horas. Para fines de privacidad se modificaron datos críticos para la seguridad de la empresa Transtelco.

3.3.1 Consulta SQL a CDR

Se ejecuta una consulta con SQL en la base de datos de CDR (*Call Detail Records*) la cual contiene los registros de las llamadas de toda la red, para la selección de llamadas que se consideran como no exitosas, la consulta toma en cuenta los siguientes puntos:

- Se seleccionan las llamadas de un día antes de la ejecución del sistema.
- Llamadas con una respuesta SIP diferente a:
 - 200 “*Ok*”: A una llamada con este mensaje se le considera una llamada exitosa (dentro de la base de datos de Transtelco, en lugar de utilizarse el código de terminación 200, se utiliza 10016, únicamente para registro en base de datos de Transtelco.
 - 486 “*Busy here*”: Este mensaje SIP indica que el dispositivo final del destinatario fue contactado con éxito, sin embargo, el receptor de la llamada no tiene la capacidad de recibir llamadas adicionales en este dispositivo.
 - 487 “*Request terminated*”: Este mensaje se origina cuando el destinatario rechaza la llamada o cuando el originador de la llamada cuelga. Este mensaje de terminación de una llamada siempre viene después de un BYE o un CANCEL [6].
- Llamadas que se realicen por una de las interconexiones SIP que se tienen con otros proveedores de servicios de telefonía, y que se utilizan específicamente para llamadas hacia números nacionales mexicanos. Con esto, se excluyen las llamadas que salieron por interconexiones de telefonía que se utilizan para el tráfico de llamadas internacionales.
- Llamadas originadas por clientes de Transtelco únicamente. Se excluyen llamadas provenientes de ciertos dispositivos en la infraestructura de Transtelco, tomando únicamente en cuenta el tráfico de llamadas de los clientes.
- Que no contengan en el tren de dígitos los caracteres “+” y “#”, ya que se utilizan dentro de la red de Transtelco para reglas de ruteo de llamadas internacionales o de números no geográficos.

En la Figura 3.3 se muestra una consulta SQL hacia la base de datos para obtener las llamadas consideradas como tráfico no terminado.

```

SELECT DISTINCT CalledNumberAfterOutPrefix
FROM CDR
WHERE O_TCCode != '10016'
AND O_TCCode != '486'
AND O_TCCode != '487'
AND DATE(INsertED) = DATE_ADD(CURDATE(), INTERVAL -1 DAY)
AND CalledNumberAfterOutPrefix NOT LIKE '+%'
AND CalledNumberAfterOutPrefix NOT LIKE '#%'
AND SourceDeviceName LIKE '%SBC_NAME%'
AND (
    DestinationDeviceShortName = 'INTERCONEXION_1'
    OR DestinationDeviceShortName = 'INTERCONEXION_2'
    OR DestinationDeviceShortName = 'INTERCONEXION_3'
    OR DestinationDeviceShortName = 'INTERCONEXION_4'
)
GROUP BY CalledNumberAfterOutPrefix

```

Figura 3.3: Consulta hacia CDR para extraer llamadas consideradas TNT.

En donde:

- Se seleccionan los distintos números nacionales a diez dígitos de la tabla 'CDR'.
- El código de respuesta final de la llamada sea diferente a '10016' (200 Ok), '486' (Busy here) y '487' (Request terminated).
- La fecha de inserción a la tabla haya sido el día anterior.
- El número no debe comenzar con '+' o '#', estos caracteres se usan para configuraciones internas de la empresa.
- El dispositivo de origen sea el nombre del SBC que se tiene configurado.
- El destino final sea una de las cuatro interconexiones que se tienen con los diferentes proveedores de telefonía en el país.

De esta manera, se extraen las llamadas que tuvieron problemas un día antes de la ejecución de la consulta, y luego se seleccionan los números destino que presentaron problemas y se almacenan en un set de datos.

3.3.2 Automatización Web

Se programó un script en el lenguaje JavaScript de automatización de consulta web que se utiliza para navegar en internet a la página web de Consulta de Marcación y Números Identificadores de Región del Instituto Federal de Telecomunicaciones la cual se muestra en la Figura 3.4. Más adelante se explica a mayor detalle el funcionamiento del script.

The screenshot shows a web browser window with the URL `sns.ift.org.mx:8081/sns-frontend/consulta-numeracion/numeracion-geografica.xhtml`. The page title is "MARCACIÓN Y NÚMEROS IDENTIFICADORES DE REGIÓN". The navigation menu includes "Consultas de Numeración", "Mapas de Áreas Geográficas de Numeración", "Plan Nacional de Numeración", and "Descarga de Numeración No Geográfica". The main content area is titled "Consulta de Marcación y Números Identificadores de Región" and contains a search form with three input fields and two buttons: "Buscar" and "Limpiar". A note at the bottom of the form reads: "*Para obtener información de algún número telefónico o de un número identificador de región, es posible utilizar cualquiera de los tres métodos de búsqueda mostrados".

Figura 3.4: Página de consulta de marcación y números identificadores de región [10].

Al realizar una consulta en la página de un número nacional, retorna la información mostrada en la Figura 3.5.

INFORMACIÓN DEL NÚMERO CONSULTADO	
Número(s) Identificador(es) de Región (Claves de larga distancia):	656
Tipo de red y modalidad	Móvil-CPP
Ciudad a la que pertenece	JUAREZ
Marcación Nacional desde un número fijo o móvil	6563605307
Marcación desde los Estados Unidos y Canadá	011 52 6563605307
Marcación desde el resto del Mundo	+52 6563605307
Proveedor de telefonía que atiende el número	TELCEL

Figura 3.5: Retorno de una consulta en el portal web [10].

Para la generación del nuevo tren de dígitos de cada número nacional consultado, los valores que se extraen de la página web son los siguientes:

- Tipo de red y modalidad.
- Ciudad a la que pertenece.
- Proveedor de telefonía que atiende el número.

3.3.3 Generación de Nuevos Trenes de Dígitos

Durante la ejecución del script de JavaScript, se genera el nuevo tren de dígitos para generar una nueva llamada tomando en cuenta la información extraída de la página del IFT, se toma como ejemplo la Figura 3.5, como a continuación se expone.

- Número nacional a diez dígitos consultado: 656 360 5307.
- Tipo de red y modalidad: Móvil-CPP.
- Ciudad a la que pertenece: Juárez.
- Proveedor de telefonía que atiende el número: Telcel.

Se extrae de un diccionario el Identificador De Destino (IDD) correspondiente para cada proveedor de telefonía, que en este caso a Telcel le corresponde el Identificador De Destino 188. Por lo que el tren de dígitos para esta llamada se construirá de la siguiente manera, este es un ejemplo de tren de dígitos antes del 03 de agosto de 2019. IDD (Telcel:

188) + IDO (Transtelco: 117) + 044 (Prefijo para un móvil) + Número nacional a diez dígitos.

- Tren de dígitos para la llamada: 1881170446563605307.

Hay ocasiones en las que un solo proveedor de telefonía tiene más de un Identificador De Destino, y esto ocurre cuando una compañía adquiere a otra, como por ejemplo AT&T cuando adquirió Nextel, en este caso, AT&T cuenta con cuatro Identificadores de Destino, los cuales son: 131, 132, 134 y 190. En estos casos, se genera un tren de dígitos distinto para cada IDD que pueda llevar un número nacional, de esta manera se generan cuatro llamadas y se estará verificando con cuál de los trenes de dígitos generados la llamada es exitosa.

Se muestra en la Figura 3.6 el código desarrollado en JavaScript que realiza la generación de los trenes de dígitos para cada consulta de número nacional y un tren adicional para cada IDO posible.

En caso de tener como valor de entrada un $IDD = 0$, no se genera un tren, ya que un $IDD = 0$ indica que el número consultado no existe, y la razón del tráfico no terminado es que el usuario final realizó una marcación incorrecta.

```

if(idd[0]!=0) { // Verifica que hay idd correcto
  // Imprime los trenes posibles
  for (var j in idd) {
    if(result.modalidad=='Móvil-CPP') // Marcación a celular
    {
      numeracion = ".concat('#',idd[j],ido,'044',item);
      console.log(numeracion);
    }
    else
    {
      numeracion = ".concat('#',idd[j],ido,item); // Marcación a fijo
      console.log(numeracion);
    }
  } // Termina de imprimir trenes
}

```

Figura 3.6: Generación de trenes de dígitos.

3.3.4 Generación de Archivos ‘call’ con el Nuevo TDD

Se utiliza lenguaje Bash de Linux para tomar los trenes de dígitos generados para cada tren de dígitos generado y se ejecuta la llamada en el servidor de Asterisk. Se explica más a fondo la ejecución de este script en el capítulo 3.3.6.

3.3.5 Web Crawler

De los números nacionales que fueron seleccionados para corregir el tren de dígitos con el que están siendo enviados en el INVITE en las llamadas hacia la PSTN, y de esta manera Telmex pueda enrutar la llamada dentro de su red.

Se implementó código en Javascript, utilizando la librería de NightmareJS [11], que se utiliza para la automatización de navegación web.

3.3.5.1 Creación de una Instancia de NightmareJS.

En la Figura 3.7, se muestra cómo se crea una nueva instancia para navegar en la web, las opciones disponibles para utilizar la librería se pueden consultar en [12].

```
const nightmare = require('nightmare'),
  vo = require('vo'),
  nbot = nightmare({
    title: 'Bot',
    waitTimeout: 6000, // En milisegundos
    executionTimeout: 5000, // En milisegundos
    typeInterval: 20,
    show: true
  });
```

Figura 3.7: Generación de una instancia de Nightmare.

Los parámetros utilizados para fines de este proyecto se explican a continuación:

- *waitTimeout*: Detiene la ejecución del programa y regresa una excepción si al utilizar una función `.wait()` no se regresa un “true” luego del tiempo indicado. En este caso se toman seis segundos, ya que se ha detectado que en algunas ocasiones la página de consulta de numeración nacional del IFT presenta problemas de lentitud para mostrar el contenido y retornar resultados a las consultas.
- *executionTimeout*: La cantidad máxima de tiempo brindada para cuando se utilice la función `.evaluate()` para completar su ejecución.
- *typeInterval*: Se usa para cambiar el intervalo de tiempo entre cada letra escrita al utilizar la función `.type()` para escribir en una cada de texto en una página web.
- *show*: Se activa o desactiva la visibilidad de la ejecución del programa, en una interfaz web.

3.3.5.2 Ejecución de la Instancia de NightmareJs

Se utilizan generadores para crear instancias de NightmareJs, ya que pueden detener la ejecución de un ciclo y continuar en donde se había pausado, esto se realiza de esta manera para poder consultar más de un número nacional con una sola ejecución del archivo, y no es posible utilizar una función de ciclo for o while dentro de una instancia de NightmareJs. De esta manera, se pueden consultar muchos números usando la misma instancia de interfaz gráfica, lo cual permite evitar crear nuevas instancias para cada número a consultar y se reduce el tiempo de ejecución total de la ejecución del script principal, como resultado se optimiza la asignación de recursos de hardware del servidor (ver Figuras 3.8 y 3.9).

```
function* run() {  
    yield nbot.goto('https://sns.ift.org.mx:8081/sns-frontend/consulta-numeracion/numeracion-geografica.xhtml');  
    var results = yield * forEach(numbers, gen);  
    console.log('Trenes generados:');  
    console.log(results);  
    yield nbot.end();  
}
```

Figura 3.8: Ejecución de creación de instancia de NightmareJS con un generador.

```

function* gen(item) {
    var results = [];
    console.log("Consultado:", item);
    var value = yield nbot
    .refresh()
    .wait('#FORM_myform\\:TXT_NationalNumber')
    .type('#FORM_myform\\:TXT_NationalNumber', item)
    .wait(450)
    .click('#FORM_myform\\:BTN_publicSearch')
    .wait('#FORM_myform\\:TBL_numberInfoTable_content > div:nth-child(2) > div:nth-child(2)')
    .evaluate(function () {
        var array = []
        array[0] = document.querySelector('#FORM_myform\\:TBL_numberInfoTable_content
> div:nth-child(2) > div:nth-child(2)').textContent;
        array[1] = document.querySelector('#FORM_myform\\:TBL_numberInfoTable_content
> div:nth-child(3) > div:nth-child(2)').textContent;
        array[2] = document.querySelector('#FORM_myform\\:TBL_numberInfoTable_content
> div:nth-child(7) > div:nth-child(2)').textContent;

        return {
            modalidad: array[0],
            ciudad: array[1],
            carrier: array[2],
            nombre: array[3]
        };
    });
}
...

```

Figura 3.9: Automatización para la extracción de información de la página del IFT.

3.3.5.3 Validación del Funcionamiento de la Página de Consulta Nacional

En repetidas ocasiones sucede que la página de consulta nacional del Instituto Federal de Telecomunicaciones se encuentra caída o sin servicio, ya sea por periodos breves o largos.

Como esto puede suponer una amenaza para el sistema, ya que, sin poder realizar consultas a esta página, no se podrían generar trenes de dígitos nuevos, se implementa el fragmento de código mencionado en la Figura 3.10. En donde se realiza una consulta a uno de los números telefónicos de Transtelco, únicamente para verificar que la página se encuentra arriba, de no ser así, manda un correo al departamento de voz, espera una hora y vuelve a realizar la misma prueba, este proceso se repite hasta que la página se encuentra arriba.

```
xvfb-run -a improvedSNS.js '6562571100'  
if [[ $? -eq 1 ]]; then  
    mail -s 'Autodialer no ejecutado, pagina SNS no está operacional' departamento@transtelco.net  
    sleep 3600  
fi
```

Figura 3.10: Verificación de que esté operando portal de consulta nacional.

3.3.5.4 Ejecución del Web Crawler

Al momento de mandar llamar al web crawler, se ejecuta así mismo, y se le manda como parámetros 20 números a diez dígitos extraídos de la consulta en SQL que se realiza al momento de iniciar el script. Esto se repite hasta finalizar con toda la lista de números. De esta manera se logran dos cosas:

- Como cada vez que se ejecuta el web crawler consume recursos del servidor en el que se está ejecutando, y ejecutarlo para cada número significaría más estrés para el procesamiento del servidor, y a su vez, mayor tiempo de ejecución del programa, si se mandan varios números a consultar a la vez, como se ejecuta una sola vez la virtualización de la interfaz gráfica, se reduce 20 veces este proceso.
- Cuando uno de los números buscados no existe, el web crawler arroja una falla, y se detiene la ejecución total de la consulta web y deteniendo el proceso, por lo que

mandar más números a la vez cada vez que se ejecutaría, si uno de los números falla, se puede continuar en el número que seguía del que no existe.

3.3.6 Generación de Llamadas desde el Servidor con Asterisk

Para generar una llamada en el sistema de Asterisk, sólo basta con generar un archivo de tipo “.call” y copiarlo al directorio “/var/spool/asterisk/outgoing/” del servidor. Asterisk automáticamente genera una llamada de acuerdo al archivo generado, luego elimina el archivo del servidor. En la Figura 3.11 se muestra un ejemplo de archivo con extensión “.call” generado con el sistema:

```
Channel: SIP/canal/#1881774201234567
Callerid: 4207654321
MaxRetries: 3
RetryTime: 10
WaitTime: 30
Context: autodialer
Extension: 800
Priority: 1
Set: callfile_name=1881774201234567
```

Figura 3.11: Contenido de un archivo con extensión “.call”.

En el archivo se encuentran varios parámetros los cuales son explicados a continuación:

- *Channel*: Se indica el canal de salida y el tren de dígitos.
- *Callerid*: Número de origen que llevará la llamada.
- *MaxRetries*: Número de veces que se reintentará la llamada, en caso de que no sea exitosa.
- *RetryTime*: Tiempo que esperará entre cada reintento de llamada, en caso de que no sea exitosa.
- *WaitTime*: Tiempo de espera mientras dura el *ringback* de la llamada.

- *Context*: Contexto dentro del plan de marcado que se utilizará en el servidor, los contextos sirven para separar reglas dentro de un mismo plan de marcado.
- *Extension*: Extensión que “atrapará” la llamada dentro del plan de marcado.
- *Priority*: Prioridad de la llamada dentro del sistema.
- *Set*: Asignación de variable la cual contiene el número al cual se estará llamando.

3.3.6.1 Contexto en Asterisk Dentro del Sistema

En el servidor de Asterisk, se creó el contexto [autodialer] en el archivo “extensions.conf” que se encuentra en el directorio “/etc/asterisk” del servidor, para mantener el funcionamiento separado de las llamadas en operación. El cual se muestra en la Figura 3.12.

```
[autodialer]
exten => 800,1,Answer()
exten => 800,2,Set(FROM_IP=${CUT(CUT(SIP_HEADER(From),>,1),:,2)})
exten => 800,3,SIPAddHeader(P-Asserted-Identity: <sip:${CALLERID(num)}@${FROM_IP}>)
exten => 800,4,Record(/opt/autodialer/scripts/dejavu/recordings/${callfile_name}.wav,0,8,xk)
exten => 800,5,Playback(beep)
exten => 800,6,Hangup()
```

Figura 3.12: Contexto en Asterisk dentro del sistema.

Dentro del contexto se dio de alta una extensión 800 a donde son dirigidas las llamadas. Se realizan los siguientes pasos en la ejecución del contexto al generar cada llamada individual:

- Paso 1: Se contesta la llamada.
- Paso 2: Se declara una variable FROM_IP a la cual se le asigna la IP de donde se origina la llamada.
- Paso 3: Se agrega un encabezado "P-Asserted-Identity" al invite que será enviado el cual llevará el número origen y la IP origen “<sip6391511199:@1.2.3.4>”.

- Paso 4: Una vez enviado el INVITE y contestada la llamada en el destino, se comenzará a grabar y se almacenará el audio en la carpeta “/opt/autodialer/scripts/dejavu/recordings” siendo el nombre de archivo el número al cual se está llamando en formato wav (por ejemplo 0444201234567.wav), a esta función (Record) se le pasan cuatro parámetros:
 - 0: Esto indica que no se detenga la grabación, aunque no haya audio detectado (silencio).
 - 8: Son los segundos que durará la grabación.
 - x: Ignorar los tonos DTMF (Dial Tone Multi Frequency que por sus siglas en inglés significa Marcación por Tonos de Multifrecuencia) que pueda mandar el usuario y continuar grabando hasta que se cuelga la llamada.
 - k: Mantener el archivo de la grabación en el almacenamiento.
- Paso 5: Se reproduce un tono al usuario.
- Paso 6: Se cuelga la llamada.

3.3.6.2 Limitación de Llamadas Simultáneas Permitidas en el Servidor

Si se agregan muchos archivos “.call” a la vez en la carpeta de llamadas pendientes del servidor, esto puede generar un cuello de botella, esto tomando en cuenta los recursos del servidor, se refiere en cuanto a canales disponibles de salida de llamada, y además a sobrecarga de trabajo en el servidor, por lo que el script se pausa en caso de que las llamadas actuales activas en el servidor sean mayores a diez.

Para saber el número de llamadas activas en el servidor se usa el comando “asterisk -rx 'core show channels’” en una terminal de Linux, un ejemplo del resultado de este comando se muestra en la Figura 3.13.

```
[root@server]# asterisk -rx 'core show channels'
Channel          Location          State          Application(Data)
0 active channels
0 active calls
848367 calls processed
```

Figura 3.13: Resultado del comando “asterisk -rx 'show channels'” en Linux.

En la Figura 3.14, se muestra el fragmento de código escrito en Bash de Linux, que genera archivos “.call” que estarán generando llamadas de salida en el servidor.

```
let j=0
while (( ${#tren[@]} > j )); do
    llamadas_activas=$(asterisk -rx 'core show channels' | tail -2 | head -1 | cut -d' ' -f1)
    while (( llamadas_activas >= 10 )); do
        sleep 3
        llamadas_activas=$(asterisk -rx 'core show channels' | tail -2 | head -1 | cut -d' ' -f1)
    done
    {
        echo "Channel: SIP/canal/${tren[j]}"
        echo Callerid: 4207654321
        echo MaxRetries: 3
        echo RetryTime: 10
        echo WaitTime: 30
        echo Context: autodialer
        echo Extension: 800
        echo Priority: 1
        echo "Set: callfile_name=${tren[j]:1}"
    } > "/var/spool/asterisk/outgoing/${j}.call"
    j=$((j+1)) ; sleep 0.5
done
```

Figura 3.14: Generación de archivos “.call” en el servidor para salida de llamadas.

3.3.7 Reconocimiento de Audio

Dejavu es una librería en Python para el reconocimiento de audio (no reconocimiento de voz), en este caso como lo que se está evaluando es una grabación, el tono, velocidad y frecuencia del orador siempre será el mismo, por lo que las huellas digitales del audio evaluado serán iguales a las que ya se tienen registradas en la base de datos, es por esto que se optó por esta librería.

Las dependencias para el correcto funcionamiento son las siguientes:

- *numpy*: utilizado para tomar la transformada de Fourier de las señales de audio.
- *scipy*: usado en algoritmos de búsqueda de picos.
- *matplotlib*: utilizado para el trazado de espectrogramas.
- *MySQLdb*: para la interacción con bases de datos MySQL.

El paso inicial es crear un objeto Dejavu con los ajustes de configuración en forma de un diccionario, así como se muestra en la Figura 3.15.

```
from dejavu import Dejavu
config = {
    'database': {
        'host': '127.0.0.1',
        'user': 'root',
        'passwd': '<password>',
        'db': '<db name>'
    }
}
djb = Dejavu(config)
```

Figura 3.15: Creación de un objeto Dejavu.

De inicio se cuenta con un directorio en el cual ya se tienen las grabaciones que serán usadas para la comparación de las llamadas. Del objeto Dejavu (djb) se utiliza el

método `'fingerprint_directory'` (ver Figura 3.16) para procesar todos esos audios y almacenarlos en la base de datos al cual se le pasan dos argumentos:

- Directorio en el cual se encuentran los audios para analizar.
- Formatos que se desean evaluar dentro del directorio.

```
djv.fingerprint_directory('audios', ['.wav'])
print(djv.db.get_num_fingerprints()) # Número de huellas digitales almacenadas en la base de datos
```

Figura 3.16: Obtención de huellas digitales de audios en un directorio.

De forma adicional se tienen los siguientes parámetros para la configuración de las huellas digitales, hay que tener en mente que entre mayor sea el número de huellas digitales mayor precisión de tendrá con la comparación de dos audios.

- `DEFAULT_FS`: Velocidad de muestreo, el rango de frecuencias detectadas.
- `DEFAULT_WINDOW_SIZE`: El tamaño de la ventana de la transformada de Fourier, entre mayor sea este parámetro menos colisiones habrá.
- `DEFAULT_OVERLAP_RATIO`: Relación de superposición entre las ventanas de las transformadas de Fourier. Un valor alto permite identificar más huellas digitales.
- `DEFAULT_FAN_VALUE`: Grado en el cual una huella digital puede ser emparejada con otras huellas digitales. Un valor alto permite identificar más huellas digitales.
- `DEFAULT_AMP_MIN`: Amplitud mínima en el espectrograma para ser considerado un pico. A mayor amplitud menos picos y por lo tanto se tienen menos huellas digitales.
- `PEAK_NEIGHBORHOOD_SIZE`: Número de células alrededor de un pico de amplitud en el espectrograma. Un valor alto supone una cantidad menor de huellas digitales.
- `MIN_HASH_TIME_DELTA` y `MAX_HASH_TIME_DELTA`: Umbrales sobre qué tan cercano o lejano puede estar una huella digital en el tiempo para que sean combinadas como una huella digital.

- PEAK_SORT: Si es verdadero, los picos serán clasificados temporalmente para la toma de huellas, si es falso se reducirá el número de huellas detectadas.
- FINGERPRINT_REDUCTION: Número de bits que serán descartados del hash de una huella digital. Entre mayor sea el número de bits mayor espacio de almacenamiento se ahorra, pero incrementa las colisiones entre huellas y puede llevar a una clasificación errónea al identificar un audio.

Los parámetros mencionados se utilizan a la hora de obtener los Hash de las posiciones donde se encuentran las huellas digitales dentro del espectrograma. A continuación, se muestra la Figura 3.17 el cual contiene la función principal que se encarga de la obtención de estos Hashes.

```
def fingerprint(channel_samples, Fs = DEFAULT_FS, wsize = DEFAULT_WINDOW_SIZE, wratio =
DEFAULT_OVERLAP_RATIO, fan_value = DEFAULT_FAN_VALUE, amp_min =
DEFAULT_AMP_MIN):
    # Obtencion de la transformada de Fourier y extraccion de frecuencias
    arr2D = mlab.specgram(channel_samples, NFFT = wsize, Fs = Fs, window = mlab.window_hanning,
noverlap = int(wsize * wratio))[0]

    # Se transforma la variable 'arr2D' ya que la obtencion de la transformada de Fourier regresa un arreglo
lineal
    arr2D = 10 * np.log10(arr2D)
    arr2D[arr2D == -np.inf] = 0

    # Maximos locales
    local_maxima = get_2D_peaks(arr2D, plot = False, amp_min = amp_min)

    # Se regresan los Hash generados
    return generate_hashes(local_maxima, fan_value = fan_value)
```

Figura 3.17: Función principal para obtener las huellas digitales de un audio.

3.3.8 Route Lookup

Se creó un portal para el análisis interno de las rutas de las llamadas dentro de la infraestructura de telefonía de Transtelco.

Los datos de entrada para la ejecución de una consulta son: el número de origen, el número destino y la dirección de la llamada (entrante o saliente). El resultado de la consulta muestra el camino que toma dicha llamada dentro de la red de Transtelco, así como las reglas aplicadas a números específicos en caso de haberlas.

En el ejemplo mostrado en la Figura 3.18, se toma como número de origen el número 6562571100 (Transtelco) y el número destino 6561456000 (Telcel) siendo una llamada saliente de acuerdo a la red de Transtelco.

Route Lookup

Dígitos Ani: 6562571100

Dígitos Dnis: 6561456000

Dirección: Entrada Salida

NOTA: Todos los ani/dnis serán considerados como Mexicanos
Para ani/dnis fuera de México agregar "+" extra al inicio.

Route Lookup

PST

Figura 3.18: Interfaz de portal de análisis para ruta de llamadas.

La infraestructura de telefonía se divide en dos sistemas principales: El SBC de vista a los clientes y el SBC de vista a los otros proveedores de telefonía.

3.3.8.1 Resultados en Relación a los Clientes

Como se mencionó, en la primera parte de los resultados que se obtienen al ejecutar una consulta con el Route Lookup, se encuentra el controlador de borde de sesión (SBC) al cual están conectado los clientes de Transtelco.

Esta plataforma es la encargada de gestionar la seguridad, el tráfico y los permisos de ruteo basados en números de origen y destino.

Este SBC cuenta con un cliente en Java para el uso de su API, lo cual facilita la interacción con el sistema. Los datos que regresa son la manipulación de dígitos interna que se aplica para dicho número marcado según las reglas que se tengan para el cliente al cual pertenece ese número, debido a que los datos que regresa son en texto plano se manipula el texto para crear una versión más fácil de comprender para el usuario.

Como se muestra en la Figura 3.19, se puede ver a cuál cliente pertenece la troncal de telefonía del número origen, en este caso IP Matrix (Transtelco), ya que el número de origen es parte del segmento de número que pertenecen a la troncal de Transtelco, además, la IP de donde proviene el tráfico y su identificador de troncal de servicio (Trunk ID).

#	IP Matrix S.A. de C.V.	Trunk ID
1	1.2.3.4	1234

Figura 3.19: Resultados del análisis de una llamada en relación al cliente.

En caso de requerir información más detallada se pueden obtener los datos que se muestran en la Figura 3.20, a continuación de explica su significado:

- Ani: Número origen consultado.
- Dnis: Número destino consultado (se agrega prefijo en caso de requerirlo).
- Route Table ID: Tabla de ruteo a aplicar en el SBC para la llamada.
- Digit Mapping Table ID: Tabla de ruteo de mapeo de dígitos de salida.

- Inbound Translation Rules: Reglas de traslación de dígitos de una llamada, en caso de requerirse.

```
trunk_id => 2448
ani => 6562571100
dnis => 0446561456000
performing TID lookup ...
Resource found ...
Name: 1760
Route Table Id: 100
Digit Mapping Table Id: 1002
Performing Inbound digit translation ...
Inbound Translation Rule #1 ...
```

Match	Digits1	Action1	Digits2	Action2
default		NONE		NONE

```
Inbound Translation Rule #2 ...
```

Match	Digits1	Action1	Digits2	Action2
all		NONE		NONE

```
DNIS after inbound translation => 0446561456000
```

Figura 3.20: Información detallada del análisis de una llamada en relación al cliente.

3.3.8.2 Resultados en Relación a Otros Proveedores de Telefonía

En la segunda parte del resultado que se obtiene al ejecutar el Route Lookup, se encuentra lo relacionado al SBC que se encarga de mandar las llamadas a los otros proveedores de telefonía en el país, el cual contiene aplicaciones VoIP para el manejo de rutas, reglas de manipulación de números y análisis de tráfico.

Estos resultados se logran a partir de una búsqueda "manual" en las tablas que se encuentran dentro del SBC, para la comunicación se utiliza REST API.

Se obtienen segmentos en formato JSON de las ocho tablas que se consultan (las cuales contienen aproximadamente 70,000 registros), una vez teniendo el segmento se comienza la búsqueda de la regla o manipulación que será aplicada al número que se está consultando.

En la Figura 3.21 se pueden observar las reglas aplicadas a ese número destino en específico, el cliente de donde proviene, el producto (tabla de ruteo), el proveedor al cual

será dirigido, la manipulación final (el formato en el cual será enviado al proveedor) y por último los destinos con sus respectivas direcciones IP de cada proveedor disponible para recibir la llamada.

TransNexus			
» Info extra ...			
Number: #1881170446561456000			
Pre-Routing: #2#1881170446561456000			
Customer: Transtelco			
Product: Standard			
Provider: MX_Telcel MX_Telmex MX_Telnor			
Post-Routing: 1881176561456000			
Provider	# Rank	Destination	IP
MX_Telcel	1	MTY-Revo	10.20.30.40
	2	CDMX-Next	10.20.30.41
MX_Telmex	1	Telmex via SIP MTY Revolucion	10.20.30.42
	2	Telmex via SIP MTY Mayo	10.20.30.43
	3	Telmex via SIP GDL	10.20.30.44
	4	Telmex via SIP MX San Juan	10.20.30.45
	5	Telmex via SIP MX Nextengo	10.20.30.46
	5	Telmex via PGW_ELP	10.20.30.47
MX_Telnor	1	Telnor_PloPico_Rio	10.20.30.48
	2	Telnor via PGW_TIJ	10.20.30.49

Figura 3.21: Información del análisis de una llamada en relación a otros proveedores.

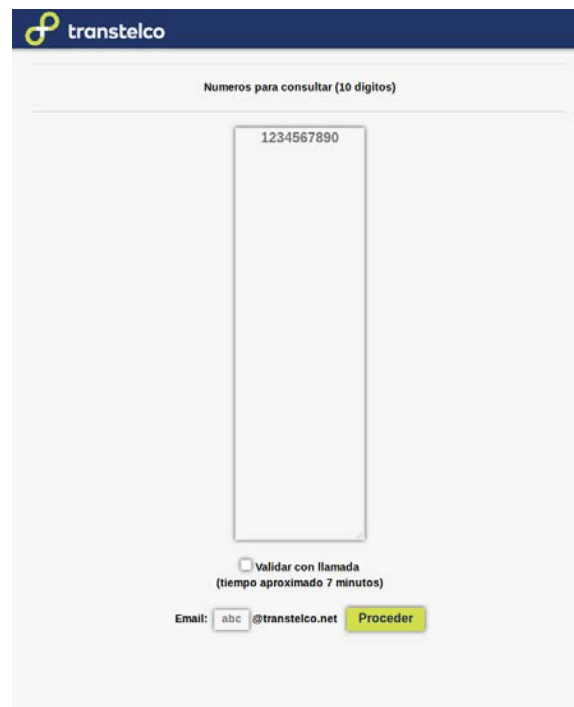
Del análisis que se muestra en la Figura 3.21 se observa lo siguiente:

- El número destino recibido es “#1881170446561455905”.
- Se aplica una regla para transformarlo en “#2#1881170446561455905”, con el fin de ruteo interno.
- El cliente origen es Transtelco.
- Se aplica la tabla de ruteo estándar.
- Los proveedores capaces de dirigir la llamada con los que se tiene interconexión directa: Telcel, Telmex y Telnor (en orden de preferencia).

- El formato en el cual será enviado el número hacia la PSTN (*Post routing*) es “1881176561455905”.
- Las interconexiones SIP con otros proveedores de telefonía para la salida de llamadas, ordenadas en prioridades, y sus direcciones IP.

3.3.9 Ejecución No Automática del Sistema

Como se mencionó al inicio del capítulo tres, el sistema se ejecuta automáticamente a diario a las 9:00 horas, resolviendo todos los problemas de tráficos no terminados del día anterior. Sin embargo, cuando se requiere resolver un problema el mismo día por alguna urgencia de un cliente, se puede ejecutar el sistema desarrollado desde una interfaz web, la cual se muestra en la Figura 3.22. En estas nuevas condiciones, cualquier persona de la empresa puede solucionar un problema de tráfico no terminado con sólo presionar un botón.



The image shows a web interface for Transtelco. At the top left is the Transtelco logo. Below it, the text "Numeros para consultar (10 digitos)" is displayed. A large text input field contains the number "1234567890". Below the input field, there is a checkbox labeled "Validar con llamada" with the subtext "(tiempo aproximado 7 minutos)". At the bottom, there is an email input field containing "abc@transtelco.net" and a green "Proceder" button.

Figura 3.22: Interfaz web.

Una vez finalizado el proceso se envía un correo a la dirección especificada con los siguientes datos:

- Número consultado
- Proveedor de telefonía
- Tipo de red (Móvil/Fijo)
- Código SIP de respuesta
- Tren de dígitos

Por ejemplo, al ingresar los números 6563605300 y 6566487500 en el portal web y realizar la ejecución se obtiene un correo como el que se muestra en la Figura 3.23.

```
Consultado: 6563605300, TELCEL, Móvil, SIP: 10016
#1881170446563605307
Consultado: 6566487500, AXTEL, Fija, SIP: 10016
#1551176563605307
```

Figura 3.23: Ejemplo de correo recibido al realizar ejecución manual del sistema.

3.4 Aspectos Éticos

Este es un sistema que, si bien puede ser usado con fines de hacer daño a terceros, o fines comerciales como lo son las encuestas automáticas, el código se mantiene dentro de la empresa para la cual fue desarrollado y el uso que se le da es solo el especificado en el documento, resolver problemas de tráfico no terminado.

Por parte de la privacidad de los usuarios, los audios guardados de las llamadas nunca son escuchados por alguien o almacenados más tiempo del necesario para el funcionamiento diario del sistema, siendo eliminados al final de la ejecución.

Capítulo IV. Resultados de la Investigación

Como método de validación se tiene registro de los trenes de digito de números nacionales que han sido actualizados con el sistema diariamente, en la Figura 4.1 se muestra la relación mes por mes de la cantidad de números telefónicos que han sido procesados por este sistema y que no fueron insertados de manera correcta en la base de datos interna de portabilidades de Transtelco y en su respectivo momento pudieron presentar problemas de tráfico no terminado, dichos números fueron corregidos de forma automatizada gracias a este proyecto.

Mes	Suma de TNT resueltos
Enero	309
Febrero	555
Marzo	395
Abril	333
Mayo	306
Junio	191
Julio	111
Agosto	192
Septiembre	122
Octubre	50
Total en 2019	2564

Figura 4.1: TNT's resueltos con el sistema por mes.

Como se aprecia en la Figura 4.1, el mes de octubre muestra un valor considerablemente menor en comparación a los meses pasados ya que esta tabla fue elaborada a la mitad de dicho mes por lo cual no se contabilizan los números resueltos de todo el mes, analizando los casos resueltos desde que se inició este sistema, se espera que se lleguen a resolver por lo menos cincuenta casos más para finales del mes de octubre.

En total, hasta la fecha de elaboración de este documento, se han resuelto 2,564 casos de números que tenían un tren de dígitos incorrecto en la base de datos de portabilidades de Transtelco, suponiendo un ahorro de tiempo para los ingenieros de la empresa de 10,256 horas que se tomarían para la documentación de cada caso, la búsqueda del problema, y la actualización manual del identificador destino del número en cuestión considerando que para la resolución de cada caso, por políticas de la empresa, se puede llevar en promedio cuatro horas para ser resuelto.

Capítulo V. Conclusiones

Se considera el desarrollo de este sistema como un proyecto exitoso, ya que ha ayudado a prevenir los problemas de tráficos no terminados, a causa de un tren de dígitos incorrecto en la empresa. Con respecto al objetivo tres, se ha consultado la base de datos de reportes de clientes en el departamento de soporte, y solamente han sido tres los casos en los que el problema fue este, y además se pudieron resolver con la herramienta web (mencionada en el capítulo 3.3.9), los demás problemas de tráficos no terminados que fueron reportados por los clientes, no eran relacionados a esta falla.

La Figura 5.1 expresa con una gráfica la relación de cantidad de TNT resueltos con respecto al tiempo transcurrido desde que se inició el proceso de automatización en enero del 2019.

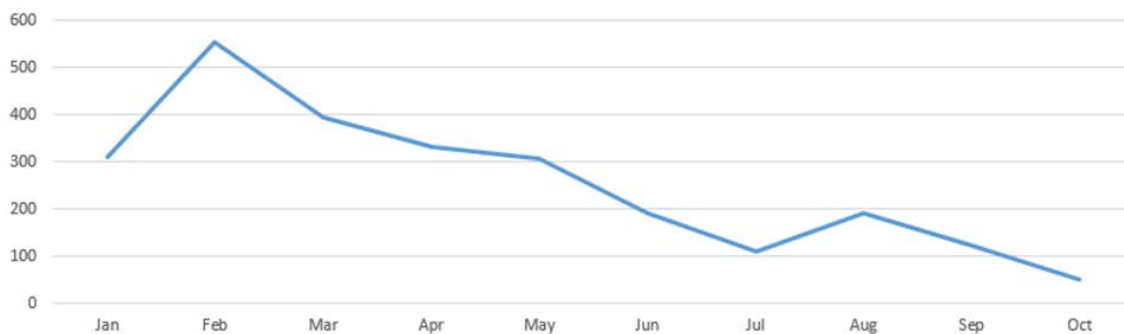


Figura 5.1: Gráfica de líneas de TNT resueltos por mes.

Se puede concluir con esta gráfica de líneas, que se tiene una tendencia a la baja la cantidad de números nacionales que se tenía inicialmente con trenes de dígitos incorrectos, ya que con la ejecución diaria del script cada vez son menores los problemas de Tráficos No Terminados (TNT) en red de la empresa.

Aunque se observa este decremento de números resueltos por mes, solo significa que hay un menor número de tráficos no terminados, sin embargo, por la cantidad y complejidad de la problemática abordada en el principio de este documento, es un proceso

que no termina, por esta razón, se espera que la ejecución del script pueda seguir resolviendo problemas de tráficos no terminados por un tren de dígitos incorrecto a futuro.

Se observa como oportunidad de mejora del proyecto, la automatización de detección de problemas de tráficos no terminados, pero por problemas fuera de la red de Transtelco. Ya que en ocasiones los tráficos no terminados son causados por problemas de ruteo dentro de la red de Telmex, y para resolverlos se debe generar un reporte en el Centro de Atención de Operadores (CAO).

Este reporte se realiza actualmente de manera manual por un ingeniero del Centro de Operaciones de Red de Transtelco cuando se presenta una falla como la mencionada.

Lo anterior, se puede solucionar agregando un módulo para implementar la consulta de llamadas no terminadas a causa de este problema y realizar un reporte automático a Telmex para que posteriormente puedan resolverlo.

VI. Referencias

- [1] Instituto Federal de Telecomunicaciones, «Comunicación y Medios,» Agosto 2019. [En línea]. Available: <http://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/marcacion-a-10-digitos>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [2] Instituto Federal de Telecomunicaciones, «Portabilidad Numérica,» [En línea]. Available: <http://www.ift.org.mx/usuarios-y-audiencias/portabilidad-numerica>. [Último acceso: Agosto 2019].
- [3] Number Portability Administration Center, «About the NPAC,» [En línea]. Available: <https://www.npac.com/the-canadian-npac/about>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [4] Number Portability Administration Center, «The NPAC, Neustar & LNP,» [En línea]. Available: <https://www.npac.com/number-portability/the-npac-neustar-lnp>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [5] mafairnet, «Aloha IVR-AVP,» [En línea]. Available: <https://github.com/mafairnet/aloha>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [6] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley y E. Schooler, «RFC 3261 - SIP: Session Initiation Protocol,» Julio 2002. [En línea]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc3261>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [7] W. Drevo, «Audio Fingerprinting with Python and Numpy,» 15 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <https://willdrevo.com/fingerprinting-and-audio-recognition-with-python/>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [8] Digium, «Getting Started with Asterisk,» [En línea]. Available: <https://www.asterisk.org/get-started>. [Último acceso: Octubre 2019].
- [9] Lumitex, «Prototyping Methodology: Steps on How to Use It Correctly,» 1 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.lumitex.com/blog/prototyping-methodology>. [Último acceso: Febrero 2019].

- [10] Instituto Federal de Telecomunicaciones, « Consulta de Marcación y Números Identificadores de Región,» [En línea]. Available: <https://sns.ift.org.mx:8081/sns-frontend/consulta-numeracion/numeracion-geografica.xhtml>.
- [11] Segment, «Nightmare,» 2014. [En línea]. Available: <https://github.com/segmentio/nightmare>. [Último acceso: Febrero 2019].
- [12] Electron, «Electron: Build cross-platform desktop apps with JavaScript, HTML, and CSS,» [En línea]. Available: <https://github.com/electron/electron/blob/master/docs/api/browser-window.md#new-browserwindowoptions>. [Último acceso: Febrero 2019].