



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE ENLACE
REMOTO BASADO EN GPRS / GSM PARA EL
MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS DE
ACTIVOS FIJOS O EN MOVIMIENTO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:
GERAR KARL ALEXANDER
BALLHAUSEN DOMÍNGUEZ**

**ASESOR:
ING. CARLA LÓPEZ CHÁVEZ**



**UNAM
CUAUTITLÁN**

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis personas favoritas

Por tener siempre el tiempo, espacio y paciencia, *Alma, Fritz, Reyna, Carla, Federico, Lizbeth* y *Carlo*, y las personas que siempre me hacen sonreír, *Sofia, Regina, Alexander, Yamanik, Sarahí* y *Luis*, es un placer compartir vida con ustedes, gracias por todo.

Gerar K. A. Ballhausen D.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	3
INTRODUCCIÓN	4
PREFACIO	6
OBJETIVO.....	8
Capítulo 1. SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO REMOTO.....	10
1.1 Plataforma de Gestión y Monitoreo Remoto	12
1.2 Arquitectura de sistema.	14
1.3 Hardware de monitoreo.	18
1.4 Hardware de adquisición.....	19
1.5 Software de monitoreo.....	21
1.6 Comunicaciones.....	24
Capítulo 2. CASOS DE USO	30
2.1 Determinación de los escenarios de uso.	31
2.2 Monitoreo logístico.	35
2.3 Monitoreo de seguridad en traslado.	35
2.4 Monitoreo de Personas.	35
2.5 Monitoreo de Variables Remotas.	35
Capítulo 3. PROGRAMACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA.....	36
3.1 Verificaciones y validaciones de sistema.	36
3.2 Representación Gráfica de la posición.	53
3.3 Sistema de Información Geográfico.	57
Capítulo 4. APLICACIONES.....	59
4.1 Monitoreo y control vehicular.....	60
4.2 Monitoreo y control de activos.....	63
4.3 Sistemas de adquisición de variables	65
Capítulo 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	70
5.1 Contenido generado	70
5.2 Resumen de capacidades.....	71
5.3 Conclusiones	75
GLOSARIO.....	76
BIBLIOGRAFÍA	78

INTRODUCCIÓN

Hoy existe una necesidad imperativa sobre el registro, monitoreo y control de activos físicos, desde sistemas de transportes logísticos, los procesos de mejora dentro de las industrias, tránsito de artefactos, sustancias y mercancías para su incorporación de mejoras y beneficios ya sea para la toma de decisiones y la reducción de los parámetros de operación (López, et.al., 2014).

Los servicios tradicionales, como el transporte, la logística y las comunicaciones, son los vínculos entre los diferentes bloques de la producción de la economía; por lo tanto, un aumento en la productividad de estos sectores mejorará la productividad en la producción de bienes finales, los SBC¹, tales como los servicios financieros, de software y de ingeniería, pueden construir y fortalecer la capacidad innovadora de la economía, y apoyar el desarrollo de nuevos productos y soluciones, mejorando el potencial de crecimiento a largo plazo de la economía, y la industria manufacturera, los servicios están cada vez más integrados, por lo tanto, desde una perspectiva de cadena de valor la competitividad de la industria manufacturera, por ejemplo, depende cada vez más de la eficiencia del sector servicios. (Foro Consultivo Científico y Tecnológico [FCCyT], 2018).

Una de las principales características del uso estadístico de los datos recopilados se centra en permitir la incorporación de elementos de inteligencia de negocio, como precursor de mejoras en el proceso de toma de decisiones, ya sean estas asociadas a procesos de mantenimiento, optimización del uso de recursos, seguridad física y operativa, análisis de inferencia estadística, atención y seguimiento a clientes, identificación de patrones conductuales, entre otras áreas más.

La importancia de la recopilación de los datos para control, monitoreo en la toma de decisiones va más allá de los procesos de inteligencia de negocios, se incorpora con la revolución que plantea la industria 4.0 (Schroeder, 2015), es en este escenario donde tiene cabida un grupo de herramientas, como lo es inteligencia artificial y sus sub áreas como lo

¹ Servicios Basados en Conocimiento

son minería de datos, *big data*, *machine learning* y *deep learning*, dichos procesos permiten la incorporación de herramientas de análisis más profundo que permiten el incremento de competitividad en los negocios.

La implementación de las herramientas a partir del análisis de datos y sus correlaciones permiten la incorporación de elementos competitivos que buscan principalmente la reducción de los costos de operación de los procesos, el incremento de la utilización de los recursos y la trazabilidad de las operaciones.

El volumen de datos, calidad y ponderación corresponden a un estudio más extenso que el aquí mencionado, pero comprenden una justificación plena del uso de datos en transacción de negocios y dispositivos.

Un tema de importancia para efectos del presente documento es abordar de manera puntual los elementos que corresponden al desarrollo de plataformas autónomas, y en este contexto me refiero a autónomas a aquellas plataformas que pueden ser operadas sin dependencia de terceros, las cuales pueden ser integradas de manera adecuada a los procesos de cada industria sin incurrir en operaciones descentralizadas, donde los activos y elementos de operación son propietarios.

Un factor importante es la consideración de los canales de comunicación existentes para la recopilación de datos, existe una justificación plena sobre el uso de infraestructura de tipo celular debido a los costos de implementación, aislamiento de parámetros de intromisión y seguridad y los criterios dependientes de operación como los costos asociados a la utilización de diferentes medios y herramientas.

PREFACIO

En el presente documento se abordará una de las soluciones que he desarrollado basándome en el uso de equipos de comunicación GPRS² y GSM³ de uso comercial. Desarrollé una plataforma de enlace y comunicación mediante SMS⁴ en conjunto con la instalación de las soluciones desarrolladas para diferentes segmentos.

Los parámetros de diseño expuestos consideran casos de uso de propósito general, el cuál puede contribuir al uso de las tecnologías con diferentes alcances o aplicaciones, así también, se muestran elementos que describen el uso de las tecnologías en procedimientos de rastreo vehicular y adquisición de variables físicas en operaciones de monitoreo remoto. Por cuestiones críticas de negocio los elementos mostrados serán de una vigencia obsoleta para efectos de la tecnología utilizada actualmente, pero relevantes en lo que respecta a la arquitectura utilizada y aún vigentes en las aplicaciones de mercado.

Algunos de los ejemplos involucran datos procesados que se encuentran sujetos a confidencialidad por lo que éstos serán omitidos o proporcionados con bajo nivel de detalle, los datos corresponden a procesos industriales utilizando CANSAT⁵, rastreo vehicular particular, transporte de combustible y sistemas de adquisición de datos ferroviarios.

Algunas de las imágenes y logotipos corresponden a emprendimientos efectuados con la intención de validar parcial o totalmente subsistemas y segmentos de mercado por lo que la información es utilizada exclusivamente para mostrar procesos de verificación y validación de los programas y desarrollos realizados.

En el presente documento se muestra la concepción de un sistema basado en lenguaje gráfico de LabVIEW© que permite de manera automática y a distancia comunicar la medición de variables físicas, establecer la ubicación a partir de coordenadas geodésicas en latitud y longitud mediante la utilización de sistemas de adquisición de datos basados en telecomunicaciones para así determinar el aprovechamiento de los recursos, gestionar la

² GPRS – *General Packet Radio Service* (servicio general de paquetes vía radio).

³ GSM – *Global System for Mobile Communication* (sistema global para las telecomunicaciones móviles).

⁴ SMS – *Short Message Service* (servicio de mensajes cortos).

⁵ CANSAT – *Can-size Satellite* (satelite del tamaño de una lata de refresco).

seguridad de los activos rastreados y permitir la incorporación del sistema para favorecer la toma de decisiones en los diferentes segmentos de mercado.

OBJETIVO

En el presente trabajo se manifiesta la importancia de la creación de sistemas automatizados de monitoreo y control a distancia para la optimización del uso de recursos en diferentes sectores productivos, mediante el uso de sistemas de posicionamiento global **GPS**⁶ y la complementación con los sistemas de comunicaciones inalámbricos basados en sistemas **GSM** y **GPRS**, que permiten la incorporación de funciones de transmisión de datos.

Se destaca de manera importante el uso de estos sistemas en el traslado de mercancías, monitoreo de personas y la adquisición de variables físicas de campo, como un factor para facilitar la toma de decisiones, incrementar la seguridad en las operaciones y la productividad de los diferentes sectores.

La escalabilidad del presente proyecto permitió la incorporación de la presente tecnología para su uso en interiores, exteriores y sistemas de navegación inerciales como los asociados en CANSAT.

En el periodo actual se puede percibir un incremento en el desplazamiento de activos, movimiento de herramientas, así como, el incremento sustancial en el monitoreo de regiones y variables, ya sean en procesos de construcción, manufactura, sistemas de transporte, logística, sistemas de observación espacial, consumo eléctrico, etc. Con miras en establecer elementos y criterios de operaciones seguras, de la misma manera también es importante tener en consideración el incremento de las capacidades de operación en procesos industriales y residenciales, el uso de las tecnologías apremia la creación de nuevas y versátiles soluciones, que permiten incrementar la competitividad.

El uso de los GPS en conjunto con la infraestructura telefónica las redes 3G, 4G y 5G, el IoT⁷ e IIoT⁸ (Schroeder, 2015), así como, el incremento de las necesidades de información para alimentar los procesos de inteligencia artificial, *machine learning* y minería de datos

⁶ *Global Positioning System* (sistema de posicionamiento global).

⁷ IoT – *Internet of Things* (internet de las cosas).

⁸ IIoT – *Industrial Internet of Things* (internet de las cosas industrial)

establece la necesidad de recabar mayor cantidad y calidad de información (Leinez, et.al., 2020).

Los sistemas de enlace remoto fijo o móvil son un factor determinante para la productividad y competitividad en diferentes sectores económicos a nivel nacional e internacional, así como, un catalizador para permitir el incremento de la eficiencia en los sectores de servicios (FCCyT, 2018).

En el presente trabajo será mostrada la implementación de un sistema de gestión y monitoreo remoto basado en GPRS y GSM para optimizar la utilización de los recursos en sistemas de transporte logístico, el desarrollo e instrumentación y el uso correcto de los activos dentro de la empresa, incrementar la certidumbre de los procesos industriales y finalmente permitir el aseguramiento de los activos dentro y fuera de las instalaciones industriales.

Capítulo 1. SISTEMA DE GESTIÓN Y MONITOREO REMOTO

En el presente capítulo será brevemente descrito el sistema de monitoreo de activos basado en GPRS / GSM / GPS.

Mismo que servirá como una referencia del desarrollo para establecer la comunicación automatizada entre dos o más sistemas GSM / GPRS, con la finalidad de permitir el intercambio de información para el control y monitoreo de activos.

Se considera viable la utilización de estos sistemas en la industria por el bajo costo de implementación y el costo de operación mensual.

En el presente capítulo el lector podrá aproximarse a los siguientes elementos:

- Definición de la arquitectura del sistema
- Conocer los elementos que constituyen el sistema
- Conocer los principios de operación del sistema
- Reflejar la arquitectura del sistema

Por efectos de Propiedad Intelectual mucha de la información será mostrada sin tanto detalle y la intención será permitirle al usuario crear una vista general de la arquitectura del sistema y los elementos que la componen.

La arquitectura del sistema corresponde a los elementos de ejecución del sistema y los parámetros que los delimitan de manera clara para la obtención de los elementos de operación del sistema y los parámetros que lo constituyen. La representación de la arquitectura de los sistemas y los parámetros que intervienen en el mismo admiten la funcionalidad y uso de los procesos de medición, así como, los elementos que derivan de los mismos.

Sistema de gestión y monitoreo remoto (RMM).

Inicialmente la descripción de un software de gestión y monitoreo remoto **RMM** por sus siglas en inglés, está definido como un tipo de aplicación en **TI**⁹(Moore, 2023), cuya finalidad es proveer mantenimiento a la infraestructura y sistemas de TI a distancia. Un sistema de gestión y monitoreo remoto encuentra funcionalidad en el reporte de desempeño y rendimiento de los sistemas supervisados, así como, en la utilización de estos para determinar las condiciones de operación, actualizar el estatus, reemplazar módulos de funcionalidad y determinar la asistencia al usuario final.

Entiéndase que un sistema de monitoreo remoto se encuentra descrito principalmente por características de enlace a distancia de información, medición de variables físicas o digitales a través de la utilización de sensores y/o actuadores que permitan la incorporación de éstos en los parámetros en el sistema.

Para efectos de la descripción del presente sistema se deberá entender el ***sistema de gestión y monitoreo remoto*** como un sistema de enlace a distancia que permite la medición, visualización, notificación y control de variables físicas y digitales con la finalidad de permitir la visualización y control a usuarios de manera remota, así como, un sistema supervisado de operaciones.

Sistema de enlace a distancia hace referencia a los parámetros de operación establecidos por equipos de comunicación ya sea utilizando infraestructura física cableada como servicios de internet terrestres, inalámbrica o de radiofrecuencia en el uso de sistemas de comunicación y repetidores o ya sea una comunicación establecida entre una combinación de los anteriores, entre dos o más equipos de comunicación.

⁹ TI – Tecnologías de la información

Sistema remoto es un sistema que permite la comunicación, y cuenta con elementos electrónicos que permiten la visualización y control de variables físicas o digitales y con características que permiten la integración a los del concentrador o equipo principal de adquisición.

Equipo principal de adquisición es el encargado de monitorear los parámetros de operación de los sistemas remotos, agrupar las variables medidas y desplegar en las **interfaces usuario-maquina**¹⁰ finales en caso de ser requeridas.

En la sección siguiente serán descritos los elementos que corresponden a la arquitectura del software desarrollado inicialmente, así como, una breve descripción de los elementos de equipo remoto y los equipos de adquisición mencionados anteriormente.

1.1 Plataforma de Gestión y Monitoreo Remoto

Es motivo del presente documento el describir la creación de un sistema de gestión y monitoreo remoto que permite la adquisición de parámetros físicos en unidades móviles y en instalaciones remotas. Estas localidades remotas están principalmente caracterizadas por ser instalaciones en carretera, sitios de obra o sitios en construcción y locaciones en condiciones remotas que por alguna razón necesitan ser monitoreadas.

¹⁰ Definición de HMI – *Human Machine Interface, Software Engineering Institute.*

Requerimientos de Diseño¹¹

Los requerimientos iniciales del sistema consideran que los procesos a desarrollar requieren de un enlace remoto por alguna razón, siempre descritos bajo un marco bien definido y siempre bajo las observaciones requeridas por el modelo de negocio, los elementos que se consideran contemplan el uso de herramientas de especificación de proyectos y un análisis de requerimientos detallado descrito de acuerdo con CMMi¹² (*Software Engineering Process Managment Program*, 2010).

Requerimientos principales:

- Establecer una infraestructura de comunicación remota bidireccional de bajo costo.
- Modularidad de las soluciones de comunicación para adecuarse a diferentes escenarios.
- Escalabilidad del sistema para admitir el incremento de los alcances de las soluciones.
- Visualización remota e interacción de control (no crítico) y monitoreo.

Casos de uso descritos:

- Definición del modelo de negocio.
- Sistema de enlace remoto que permita la adquisición de variables en unidades móviles, para el monitoreo de las condiciones de uso. Sistemas de enlace remoto de bajo costo para el monitoreo de variables digitales y analógicas en sitio.
- Sistema de enlace de mensajería para el monitoreo del estatus de equipos remotos, podemos abarcar un gran volumen de datos para el procesamiento de funciones.
- Sistema de adquisición de datos para el procesamiento de señales e información de funcionalidades.

Las especificaciones del sistema se consideran para uso general, los elementos desarrollados de manera final

Debido a las especificaciones de diseño, se optó por la utilización de equipos de comunicación remota, basados en tecnología GSM/GPRS. Ya que, al ser equipos de

¹¹ Análisis de Requerimientos - (*Software Engineering Process Management Program*, 2010)

¹² CMMi - *Component Maturity Model Integration* (Integración de modelos de madurez por componentes).

telecomunicación enlazables con antenas de telefonía, bastará con que en los sitios de trabajo o durante los trayectos, se cuente con señal telefónica para acceder al registro de los servicios.

Las especificaciones de los equipos de telecomunicaciones GPRS / GSM serán descritos en el apartado *Hardware de Monitoreo y Hardware de Adquisición*.

Adicionalmente el software de procesamiento y gestión de datos será descrito brevemente en el apartado *“Software de Monitoreo”*.

1.2 Arquitectura de sistema.

Es de bastante relevancia conocer los elementos existentes que permiten elementos de enlace remoto, de acuerdo con los elementos disponibles para operación en el mercado se pueden observar los siguientes subsistemas:

- Sistema de enlace satelital.
Utiliza la infraestructura satelital existente, el costo de renta es elevado, el ancho de banda es limitado, el equipo de comunicación cuenta con una renta fija anual forzosa en varios esquemas.
- Sistema de enlace vía radio.
Los canales de comunicación en baja frecuencia requieren de una infraestructura de alto costo y los procesos de encriptación y empaquetamiento de los datos además de pagar derecho de banda y repetidores proporcionan un alto costo de operación.
- Sistema de enlace telefónico.
Se consideran de bajo costo con la opción de costos de renta y operación no críticos

Debido a las condiciones de comunicación y movilidad se opta por el uso de sistemas de enlace telefónico y precisamente GSM.

Una de las características principales del sistema, considera el establecimiento de los elementos de comunicación mediante el uso de equipos de comunicación GPRS / GSM.

Se selecciona el uso de equipos basados en tecnología GSM debido a la amplia cobertura y bajo costo de operación. Las ventajas de la utilización de las funcionalidades GSM, permiten una cobertura amplia en las rutas nacionales e internacionales, sacrificando el ancho de banda de la transmisión de paquetes, esto limita la aplicación en cuanto al tráfico de datos por lo que las aplicaciones y alcances se reducen a una tasa de 60 bytes por segundo como se mostrará más adelante. La aplicación del sistema considera telemetría de parámetros de baja criticidad en tiempo real no crítico.

- Servidor de Publicación de datos.

El sistema de muestreo y procesamiento originalmente concebido

Sistema de cómputo con el software de gestión y monitoreo remoto RMM.

- Equipo de Monitoreo.

Se refiere al equipo que será conectado al sistema GPRS.

- Equipo de Adquisición.

Sistema de adquisición de datos encargado de sensar las variables y retransmitir la información al equipo de procesamiento Central.

La arquitectura, ver **Figura 1.2.1**, en la cual se hace referencia a los elementos que conforman el sistema y las partes que intervienen en los sistemas de adquisición y como éstos se encuentran relacionados con los elementos que están presentes en el sistema.

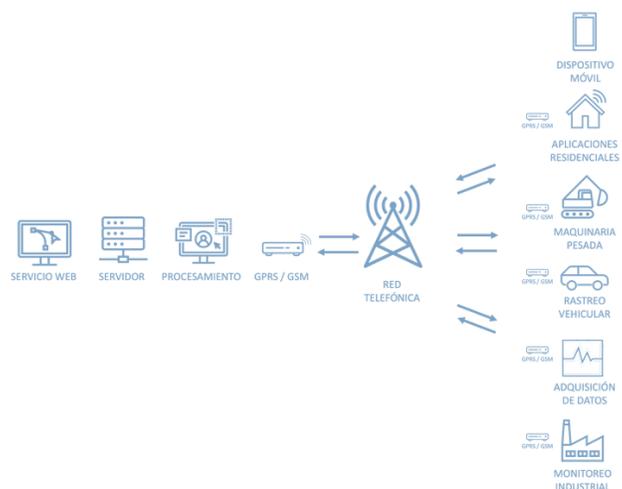


Figura 1.2.1. - Arquitectura general del sistema

En la **Figura 1.2.2** se indica la diversidad de equipos que pueden conformar al sistema, considerando múltiples escenarios y aplicaciones, con diferentes adecuaciones en instrumentación, tasa de adquisición y parámetros de control y monitoreo.



Figura 1.2.2 – Diversidad de equipos que conforman el sistema.

Se puede apreciar que la arquitectura general del sistema de gestión y monitoreo remoto consta de elementos que permiten la incorporación de múltiples tipos de sistemas de adquisición de manera remota, siempre y cuando se respeten los parámetros de comunicación basados en tecnología GSM o GPRS.

Tanto el RMM como los Equipos de Adquisición Remotos, utilizan los sistemas e infraestructura de redes telefónicas que permiten establecer el enlace de comunicaciones y paquetes de datos provistos por ambas partes.

La topología del sistema es una topología en estrella, lo que implica que la comunicación con cada uno de los elementos se realiza punto a punto, y la interacción esta centralizada en el RMM, como podemos apreciar en la **Figura 1.2.3**.

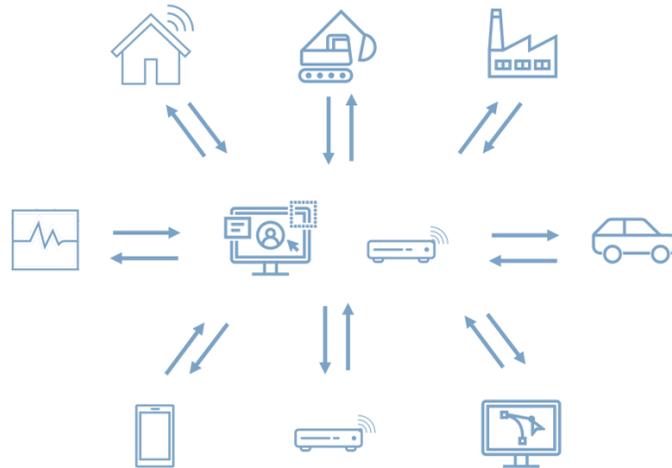


Figura 1.2.3. - Topología de RMM. Tipo Estrella

La interacción con los equipos remotos de adquisición de datos, así como, la interacción con los usuarios, que fueron planteados inicialmente a través de configuraciones de mensajes SMS. Como podemos ver en la **Figura 1.2.4**, esto fue logrado a través de la automatización de las rutinas de operación con los sistemas, así como, la estandarización del envío de paquetes de datos entre los dispositivos. El RMM cuenta con rutinas que permiten la asimilación de los mensajes recibidos, caracterización de los elementos de software y caracterización de los parámetros de usuarios.

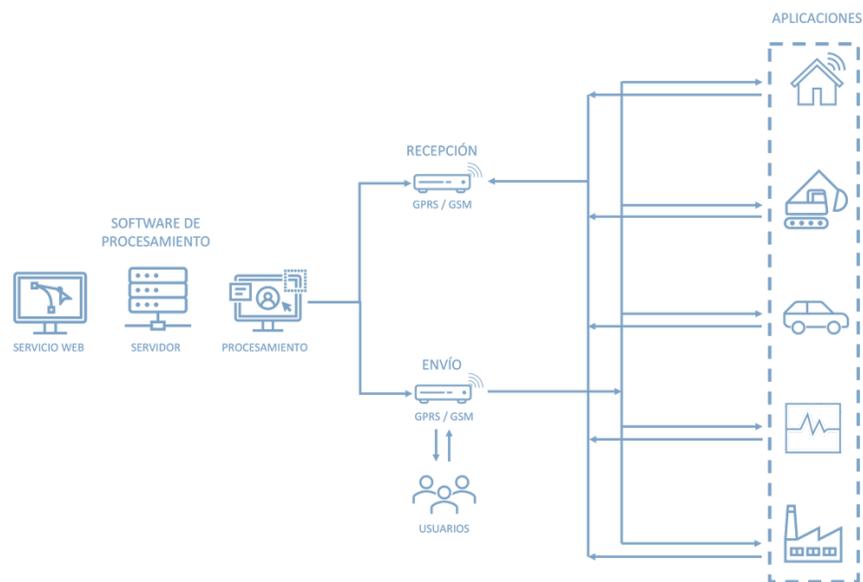


Figura 1.2.4 - Arquitectura de Comunicación entre Dispositivos de Adquisición, Operadores y Usuarios Finales.

En el apartado de software de monitoreo se podrán apreciar los elementos que conforman el software, así como, los elementos de comunicación del sistema con los usuarios finales, paquetes de datos y parámetros de configuración.

1.3 Hardware de monitoreo.

El Hardware de monitoreo hace referencia al equipo donde será instalado el RMM software y lo necesario para implementar las comunicaciones del sistema.

El desarrollo de este sistema fue inicialmente concebido para establecer comunicación punto a punto con diferentes sistemas de manera simultánea, el procesamiento y requerimientos del equipo de cómputo, fueron de alta especificación al ser diseños críticos por los tipos de operaciones estimados.

Se mencionan a continuación los elementos de Hardware que conforma el equipo:

- Equipo de cómputo de alta especificación, con estándares militares MIL-STD-810G, para vibración, polvo, altitud y operación en bajas y altas temperaturas.
- Equipo de comunicación GPRS / GSM Socket Modem MTSMC Clase 10, 850/1900MHz GSM Clase 1 y Clase 2, compatible con Comandos AT.
- Equipo de comunicación GPRS / GSM FXT AIRLINK de Sierra Wireless Clase 10, 850/1900MHz GSM Clase 1 y Clase 2, compatible con Comandos AT.
- SIM telefónico de propósito general.

El sistema se basa principalmente en establecer comunicación con 2 canales GSM, ver *Figura 1.3.1*, uno de los canales es dedicado a la recepción de información y el segundo canal es dedicado al envío de información, instrucciones e interacción con usuarios finales.

El sistema se enfoca en los parámetros de software para realizar el procesamiento de la información y el despliegue hacia el usuario final, considerando las notificaciones, variables y parámetros de medición especificados en cada equipo de adquisición remoto.

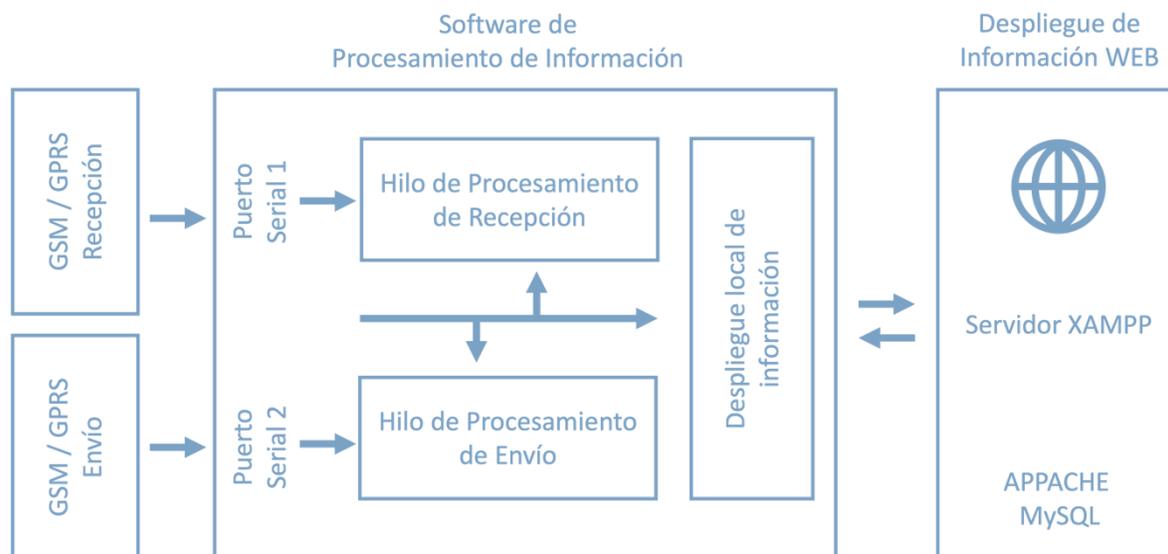


Figura 1.3.1 - Procesamiento de Información en RMM software

1.4 Hardware de adquisición

Dependiendo de los elementos a gestionar y/o monitorear, definidos cada vez y relacionados con el caso de uso, dependerán las características del sistema de adquisición, ya sean configuraciones de hardware, de software, de alimentación y baterías, tipo de sensores y/o actuadores a controlar.

A continuación, se mencionan algunos sistemas de adquisición de enlace remoto, con los que el presente sistema fue validado.

- **Sistemas de adquisición vehicular**

Equipo de procesamiento embebido, sensores de aceleración, señales digitales I/O, botonera, micrófono, entre otros, incorporación de equipo GSM / GPRS, relevador, antena GPS.

- **Sistema de adquisición de variables térmicas**

Sistema de procesamiento embebido, módulo de enlace inalámbrico, con repetidores, 34 canales de adquisición, analógicos y digitales, parámetros de operación pre-configurados a distancia mediante comandos de comunicación emitidos por SMS.

- **Sistema de adquisición de residencial**

Sistema de procesamiento embebido parámetros de medición de variables en buffer para la medición en sistemas ferroviarios, y la determinación de parámetros de vibración de manera remota.

- **Sistema de monitoreo de ductos**

Sistema de procesamiento embebido, para la adquisición de variables y parámetros de registro de operaciones fijas, registro de datos de proceso y transmisión de los elementos en tiempo real no crítico.

Las especificaciones del hardware de adquisición se delimitan de acuerdo con la aplicación, el paquete de datos y la tasa de transmisión y recepción por paquetes de datos.

1.5 Software de monitoreo.

Plataforma de rastreo.

La “Plataforma de Rastreo” en términos simples se encarga de concentrar los datos enviados por los sistemas de rastreo en los autos para posteriormente publicarlos en web mediante el software desarrollado.

La plataforma de rastreo está conformada por un equipo de cómputo con servidor basado en Sistema Operativo Windows tipo Apache con interprete PHP, 2 GPRS uno de envío y uno de recepción de acuerdo con los requisitos operacionales y software de procesamiento basado en comunicación serial.

El sistema se enlaza con los vehículos mediante los sistemas GPRS conectados a la plataforma de rastreo y el software de Rastreo desarrollado para esta función.

La forma en que el sistema se enlaza con los vehículos es a través de mensajes de texto SMS, ya sea para enviar instrucciones y recibir datos, alertas o notificaciones, de la misma manera el sistema envía información sobre su estado a los operadores registrados en el software. Ver **Figura 1.5.1.**

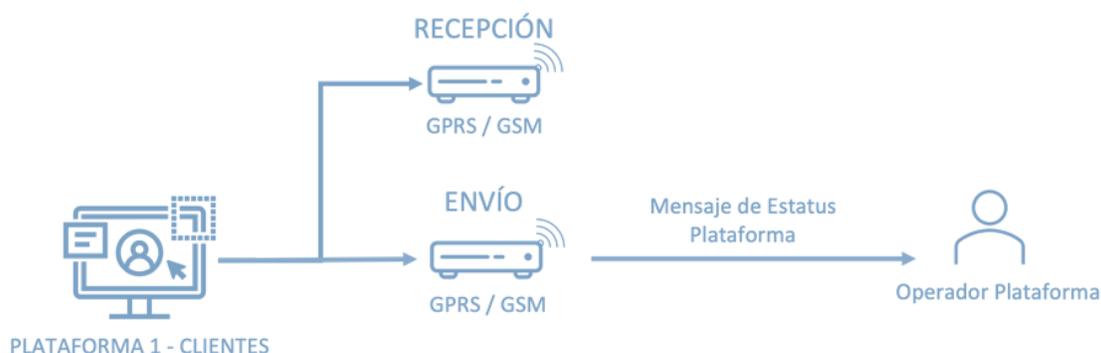


Figura 1.5.1 – Interacción de GPRS con operadores.

Ambos GPRS de la plataforma cuentan con un chip “Telcel” el cual debe de ser una línea telefónica válida para admitir la comunicación entre dispositivos.

La plataforma de rastreo recibe mensajes SMS de manera recurrente con la finalidad de establecer de manera continua la localización de cada uno de los activos rastreados.

Vehículos con Rastreador GPRS / GPS

Cada uno de los activos (vehículos) cuenta con un sistema basado en GPRS/GSM GPS instalado, cuenta con funciones de localización GPS, múltiples sensores digitales y analógicos como micrófono, sensor de puerta, sensor de motor encendido, sensor de velocidad (acelerómetro) y sensor de choque. El equipo está conformado por un equipo de rastreo, una antena GPS, una antena Telefónica, un arnés de conexiones y un micrófono. Ver ***Figura 1.5.2.***



Figura 1.5.2 – Identificación de equipo de rastreo vehicular.

De la misma manera cada uno de estos equipos de rastreo cuenta con un chip Telcel el cuál debe de ser una línea telefónica válida, este chip se comunica con la “Plataforma de Rastreo” mediante mensajes de texto SMS, proporcionando datos de velocidad, ubicación en latitud y longitud. Esta relación de rastreo es la que nos dicta la capacidad instalada de la plataforma, lo cual veremos más adelante.

El lector deberá considerar que los costos mencionados en los siguientes apartados están relacionados con la prestación de servicios proporcionados por la compañía Telcel© en periodos del 2016 al 2020 y a la fecha en que se presenta este documento (febrero 2023) han sufrido un incremento aproximado del 13.5%, los servicios y paquetes utilizados siguen vigentes.

Mensajes de configuración de autos.

A continuación, se presenta un listado de Mensajes requeridos para el inicio de rastreo de cada uno de los vehículos.

- Mensaje de Inicialización (bgin123456)
Le avisamos al GPRS que estamos listos para iniciar.
- Mensaje de Administración de GPRS / GPS (ain123456 5532277951)
Avisamos al GPRS que él número indicado será administrador y podrá configurarlo.
- Mensaje de Administración de GPRS / GPS (admin123456 5532209004)
Avisamos al GPRS que él número indicado será administrador y podrá configurarlo.
- Mensaje de control de mensajes (xtime123456002)
Restringimos el número de mensajes de alerta que envía el GPRS a la plataforma.
- Mensaje de configuración de huso horario (gmt123456-6)
Configuramos el huso horario al correspondiente en México, para su correcta actualización.
- Mensaje de inicio de rastreo (fix123456003m***n)
Le solicitamos al GPRS que inicie el rastreo en un periodo de actualización fijo y de manera ilimitada.

En total cada vehículo requiere de 7 mensajes para iniciar su operación en la plataforma.

El costo asociado de cada mensaje es de \$0.85 centavos de peso MXN, teniendo un costo total por inicio de GPRS \$5.95 MXN.

Existen costos variables asociados al rastreo, dependen del uso que el usuario final o cliente les dé a sus activos en la plataforma web uno de los principales aspectos puede ser los elementos de control como la activación del audio, el cambio de operadores y la activación de las funciones del GPRS como el paro de motor, el armado del vehículo y la notificación de alertas.

1.6 Comunicaciones.

Como elementos de Comunicación, se mostrará a continuación un esquemático de las funciones de Audio en la **Figura 1.6.1**.

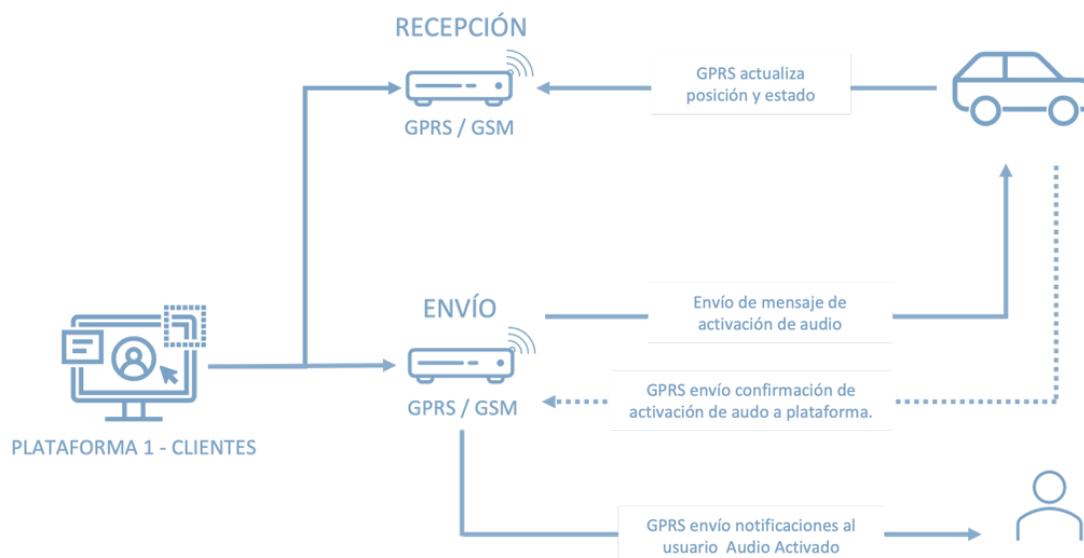


Figura 1.6.1 – Esquemático de activación de funciones de audio

La plataforma de envío GPRS Recepción continúa recibiendo la posición en latitud y longitud del vehículo además de la actualización del estado del vehículo.

El GPRS de envío dirige mensajes al vehículo solicitando la activación del audio, y solicitando la activación de un nuevo administrador, esto para admitir que el número ingresado desde la plataforma web pueda realizar la llamada al vehículo.

En este caso tendríamos los siguientes elementos aplicables:

Activación de Audio:

Se muestra en la **Tabla 1.6.1** la activación de audio

Tabla 1.6.1 – Activación de audio.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Vehículo a Plataforma
Activa Audio	Audio Activado
Administra número (TEL XXX-XXX-XXXX)	Administrador Ok
Envía notificación al cliente Audio Activado	-

Desactivación de Audio:

Se muestra en la **Tabla 1.6.2** la desactivación del audio.

Tabla 1.6.2 – Desactivación de Audio.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Vehículo a Plataforma
Desactiva Audio	Audio Desactivado
No Administrar número (TEL XXX-XXX-XXXX)	No Administrar Ok
Envía notificación al cliente Audio Desactivado	-

Si el GPRS del vehículo fue vinculado como amigo gratis SMS no tendremos ningún costo asociado a los mensajes enviados entre los dispositivos.

Debido a que es imposible vincular el GPRS de envío de la plataforma como amigo frecuente de todos los vehículos, el costo de estos mensajes si es impactado al momento de activar el

audio en los vehículos. El costo final por activar y desactivar el audio de un vehículo sería de \$5.10 pesos MXN.

A continuación, se muestran detalles de los mensajes más recurrentes y de los costos asociados con cada instrucción:

Paro de Motor:

En la siguiente *Tabla 1.6.3* se muestra el paro de motor.

Tabla 1.6.3 – Paro de motor.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Plataforma a Cliente	Mensajes de Vehículo a Plataforma
Paro de Motor	-	Motor Parado Ok
-	Envía notificación al cliente Paro de Motor	-

Conexión de Motor:

En *Tabla 1.6.4* se muestra la conexión de motor, teniendo un costo por evento de \$1.70 pesos MXN.

Tabla 1.6.4 – Reconexión del motor.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Plataforma a Cliente	Mensajes de Vehículo a Plataforma
Conectar Motor	-	Motor Reanudado Ok
-	Envía notificación al cliente Motor Conectado	-

Armado de Vehículo:

En la **Tabla 1.6.5** se muestra el armado del vehículo, teniendo un costo por evento de \$1.70 pesos MXN.

Tabla 1.6.5 – Armado de vehículo.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Plataforma a Cliente	Mensajes de Vehículo a Plataforma
Armar Vehículo	-	Vehículo Armado
-	Envía notificación al cliente Vehículo Armado	-

Notificación con Armado Activado:

Cada notificación enviada al cliente tiene un costo de \$1.70 pesos MXN, debido que es enviada hasta en 2 ocasiones de acuerdo con la configuración “xtime” descrita en la **Tabla 1.6.6**.

Tabla 1.6.6 – Notificación de vehículo armado.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Plataforma a Cliente	Mensajes de Vehículo a Plataforma
-	-	Alarma de Puerta
-	Envía notificación al cliente Vehículo Armado	-
-	-	Alarma de Encendido
-	Envía notificación al cliente Encendido Activado	-
-	-	Sensor de Choque
-	Envía notificación al cliente Movimiento Detectado	-

El costo de desactivación de las alarmas enviadas desde la plataforma involucra desactivar el armado del vehículo para suspender las notificaciones y posteriormente debemos suspender la alerta como se indica en la **Tabla 1.6.7**.

Tabla 1.6.7 – Desactivación del armado de vehículo.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Plataforma a Cliente	Mensajes de Vehículo a Plataforma
Desactiva el Armado	-	Armado desactivado
-	Envía notificación al cliente Vehículo sin Armado	-
Suspende Alarma Puerta	-	Alarma Ok
Suspende Alarma Encendido	-	Alarma Ok
Alarma Choque	-	Alarma Ok

El costo asociado a cada mensaje de desactivación es de al menos \$1.70 pesos MXN

Notificación con Botón de Pánico:

En la **Tabla 1.6.8** se envía el mensaje de notificación con botón de pánico

Tabla 1.6.8 – Notificación de botón de pánico.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Plataforma a Cliente	Mensajes de Vehículo a Plataforma
-	-	Botón de Pánico
-	Envía notificación al cliente Botón de Pánico	-

El costo asociado al botón de pánico es de \$1.70 pesos MXN debido a que el mensaje es enviado en al menos dos ocasiones por la configuración del “xtime”.

Suspensión Botón de Pánico:

En **Tabla 1.6.9** se muestra el envío del mensaje para la suspensión del botón de pánico.

Tabla 1.6.9 – Suspensión del motor de pánico.

Mensajes de Plataforma a Vehículo	Mensajes de Plataforma a Cliente	Mensajes de Vehículo a Plataforma
Botón de Pánico	-	Botón de Pánico Suspendido
-	Envía notificación al cliente Pánico desactivado	-

El costo asociado al botón de pánico es de \$1.70 pesos MXN debido a que el mensaje es enviado uno al GPRS del Vehículo y otro al Cliente.

Resumen de costos por mensaje de control y/o notificación enviada se muestra en **Tabla 1.6.10**

El número de usuarios corresponde a la cantidad de usuarios registrados (Números Celulares Registrados en la Plataforma para Notificar a Clientes) para notificaciones.

Tabla 1.6.10 – Resumen de costos en pesos mexicanos de operaciones en plataforma.

Tipo de Mensaje	1 usuario (MXN)	2 usuarios (MXN)	3 usuarios (MXN)
Activación de Audio	\$2.55	\$3.40	\$4.25
Desactivación de Audio	\$2.55	\$3.40	\$4.25
Paro de Motor	\$1.70	\$2.55	\$3.40
Reanudar Motor	\$1.70	\$2.55	\$3.40
Activar Armado	\$1.70	\$2.55	\$3.40
Desactivar Armado	\$1.70	\$2.55	\$3.40
Suspende Alarmas	\$1.70	\$2.55	\$3.40
Alarma de Pánico	\$1.70	\$2.55	\$3.40

Capítulo 2. CASOS DE USO

En el presente capítulo será brevemente descrito el sistema de monitoreo de activos basado en GPRS / GSM / GPS

El presente documento servirá como una referencia del desarrollo para establecer la comunicación automatizada entre dos o más sistemas GSM / GPRS, con la finalidad de permitir el intercambio de información, ya sea para el control o monitoreo de activos.

En el presente capítulo el lector podrá aproximarse a los siguientes elementos:

- Definición de la arquitectura del sistema.
- Aproximarse a los elementos que constituyen el sistema.
- Conocer los principios de operación del sistema.
- Reflejar la arquitectura del sistema.

Por efectos de propiedad intelectual mucha de la información será omitida y la intención será permitirle al usuario crear una vista general de la arquitectura del sistema y los elementos que la componen a manera de que ésta pueda ser consultada en un futuro.

La arquitectura del sistema corresponde a los elementos de ejecución del sistema y los parámetros que los delimitan de manera clara para la obtención de los elementos de operación del sistema y los parámetros que lo constituyen. La representación de la arquitectura de los sistemas y los parámetros que intervienen en el mismo admiten la funcionalidad y uso de los procesos de medición, así como, los elementos que derivan de los mismos.

Es de vital importancia manifestar el interés y necesidades de los diferentes sectores económicos para poder determinar los elementos del sistema y los parámetros que permiten el desarrollo de la tecnología ya sea dirigido por el modelo de negocio DDD¹³ o el diseño dirigido por pruebas TDD¹⁴.

¹³ DDD – *Domain Driven Design* (diseño dirigido por modelo de negocio).

¹⁴ TDD – *Test Driven Design* (diseño dirigido por pruebas).

2.1 Determinación de los escenarios de uso.

Los escenarios de uso hacen referencia a los entornos de utilización de los sistemas, poniendo especial énfasis en los beneficios buscados por cada uno de los segmentos de mercado identificados, se consideran aspectos generales que proporcionen competitividad y diferenciación (OECD, 2015), siendo el principal motivo de compra en las economías emergentes.

Definiciones

Volumen de Mercado Unitario por Evento (VMUE)

Volumen de Mercado Unitario por Día (VMUD)

Segmentación inicial de mercado

Sistemas de rastreo vehicular para flotillas.

¿Qué tipo de flotillas son?

- Transporte público.
- Ventas.
- Repartición.
- Logística.
- Seguridad privada.
- Servicios móviles (transporte de valores).

¿Qué es importante en el rastreo de flotillas?

+ Transporte Público

Definiciones de escenario:

Microbús y vehículos de transporte público tipo combi por rutas definidas.

(VMUE=750) / (VMUD=5000)

Elementos por observar:

Cobro de pasaje.

Ascenso y descenso de personas.

Tiempos de viaje.

Desviación de la ruta original.

Incidencias de seguridad.

Información de mercado:

El pago al operador es por día o por vuelta.

Determinación del costo por ruta.

+Taxistas

Definiciones de escenario:

Vehículo tipo sedan con la adecuación de licencia para taxi.

$(VMUE-35) / (VMUD-35*20=700)$

Elementos por observar:

Tiempo de inicio y fin de jornada.

Incidencias de seguridad en viaje.

Disponibilidad de servicio y ubicación.

Determinación de precios en viaje.

Tiempo de ocupación.

Información de mercado:

Pagan una renta de uso.

Pago de placas y elementos regulatorios.

+ Transporte Ventas

Definiciones de escenario:

Automóvil utilitario tipo sedan o camioneta.

$(VMUE-1) / (VMUD-6) \text{ Clientes Visitados} = \text{Ingresos Variables}$

Elementos por observar:

Programación de ruta.

Visitas efectivas.

Logística geográfica.

Toma de decisiones.

Hora de Inicio y Fin de labores.

Información de mercado:

Número de Clientes Visitados.

Relación costo beneficio sobre la operación.

+ **Repartidores**

Definición de escenario:

Vehículos de transporte tipo motociclista, sedan, utilitarios y de carga.

(VMUE-Variable) / (VMUD-Variable)

Elementos por observar:

Distancia de entrega.

Tiempo de entrega.

Estimación del tiempo de arribo.

Consumo de combustible.

Paro en puntos de alto riesgo.

Incidencias de seguridad.

Información de mercado:

Satisfacción del cliente.

Determinación de los parámetros de entrega.

Determinación de costos para el modelo de transporte.

Mantenimiento de unidad.

+ **Seguridad Privada**

Definición de escenario:

Vehículos tipo sedan o camionetas tipo Pick Up usualmente con blindaje.

(VMUE-1) / (VMUD-0.5)

Elementos por observar:

Traslados.

Ubicación.

Estimaciones de tiempo de arribo.

Observación de amenazas.

Trazabilidad de operación.

Definición de rutas y rutas alternas.

Información de mercado:

Gestión de los sistemas informáticos en remoto.

Geocercas y georutas.

Comunicación y respuesta.

+ Servicios Móviles (traslado de valores)**Definición de escenario:**

Equipo de transporte blindado de propósito específico.

(VMUE-Variable) / (VMUD-Variable).

Elementos por observar:

Tiempo de traslado.

Tiempo de arribo.

Trazabilidad del traslado.

Seguridad e integridad del objeto de valor.

Información de mercado:

Satisfacción de usuarios.

Calendarización de arribos.

Estadística de viaje.

Estimación de costos.

¿Cuáles son las prioridades del cliente?

De acuerdo con los elementos observados en los diferentes mercados se puede considerar que existe una diversidad de instrumentación, sensores, controles y características requeridos.

Los elementos de operación y funcionalidad deben de ser diseñados para cada segmento observado, o deben de contar con la mayor flexibilidad para establecer su funcionalidad de acuerdo con los elementos de negocio (DDD).

De acuerdo con los elementos observados en el presente apartado se puede estimar que las prioridades de los clientes se centran en cuatro rubros, logística, seguridad, personas y variables físicas.

2.2 Monitoreo logístico.

Se observan trayectos, rutas, tiempos de arribo, tiempos de viaje, consumo de combustible, determinación de costos, eficiencia del uso del vehículo y la determinación de las condiciones de operación con el/los operadores, seguridad y resguardo de mercancías.

2.3 Monitoreo de seguridad en traslado.

Se determinaron condiciones de tiempo de respuesta, tiempo de recorrido, propósito de traslado, trazabilidad, resguardo y disponibilidad del vehículo, uso adecuado, uso de geocercas y georutas, condiciones de operación del usuario, siniestros, estimaciones de uso, toma de decisiones, programación de mantenimiento, así como, la utilización de los elementos de control en el proceso, asociados a la operación específica del caso de uso, generación de reportes y evidencias, así también la auditabilidad de la información.

2.4 Monitoreo de Personas.

En lo que respecta a las características asociadas con las personas, se observaron elementos deseables que son parte del proceso de generación de negocio en los diferentes segmentos de mercado observados, siendo los principales aquellos relacionados con la presencia y ausencia de personas, así como, los elementos asociados con la ubicación, audio y video, considerando también aquellos relacionados con la integridad de las personas y su desempeño en el entorno próximo.

2.5 Monitoreo de Variables Remotas.

Cuando tenemos en consideración elementos de monitoreo y control de variables físicas, se considera la utilización de elementos de seguridad como contraseñas, circuitos o elementos que permitan la redundancia o elementos de codificación en esquema de comunicación bidireccional y/o elementos en máquinas de estado, con la finalidad de evitar parámetros que puedan vulnerar la estabilidad de nuestros sistemas, es importante considerar aspectos como la disponibilidad y confiabilidad de los elementos que conforman al sistema, así como sus tasas de muestreo y parámetros de adquisición de datos como la resolución y sensibilidad de la instrumentación utilizada.

Capítulo 3. PROGRAMACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

En el presente capítulo se podrán observar los elementos que constituyen la plataforma de rastreo y sus módulos operacionales con la finalidad de determinar los elementos que intervienen y como éstos permiten la interacción del sistema

3.1 Verificaciones y validaciones de sistema.

A continuación, se detallan los elementos que se analizaron durante la prueba de rastreo.

- Registro inicialización y visualización de 26 GPRS rastreados a 20 segundos

El objetivo de las validaciones se define a continuación:

- Rendimiento de equipo de cómputo
- Visualización en web de los parámetros de rastreo
- No. de mensajes procesados por día
- No. de mensajes procesados por unidad rastreada
- Tiempo entre arribo de mensajes

Configuración de los elementos a validar en la plataforma de Rastreo.

Registro y visualización de 26 GPRS

Se logró configurar de manera correcta 26 equipos de Rastreo GPRS. Como se verá en la *Figura 3.1.1*. Cada uno de ellos fue dado de alta como amigo gratis SMS de la plataforma de rastreo.

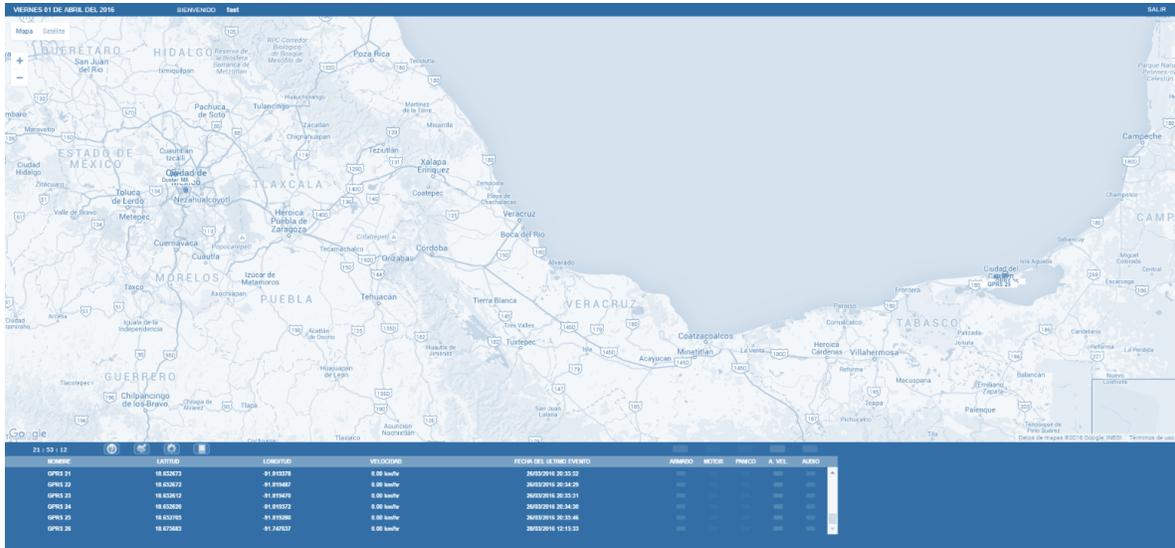


Figura 3.1.1 – Equipos registrados en la plataforma de monitoreo.

El presente registro se acompaña de un paquete de mensajes y configuraciones asociadas, esto con la finalidad de caracterizar el desempeño máximo del equipo y su procesamiento, lo que nos permitió determinar la capacidad de interacción simultanea con los equipos de adquisición de datos y la utilización de los elementos de la infraestructura telefónica.

Rendimiento del equipo de cómputo

No se pudo comprobar gráficamente el desempeño del equipo de cómputo, pero durante la ejecución de las pruebas se pudo observar lo siguiente:

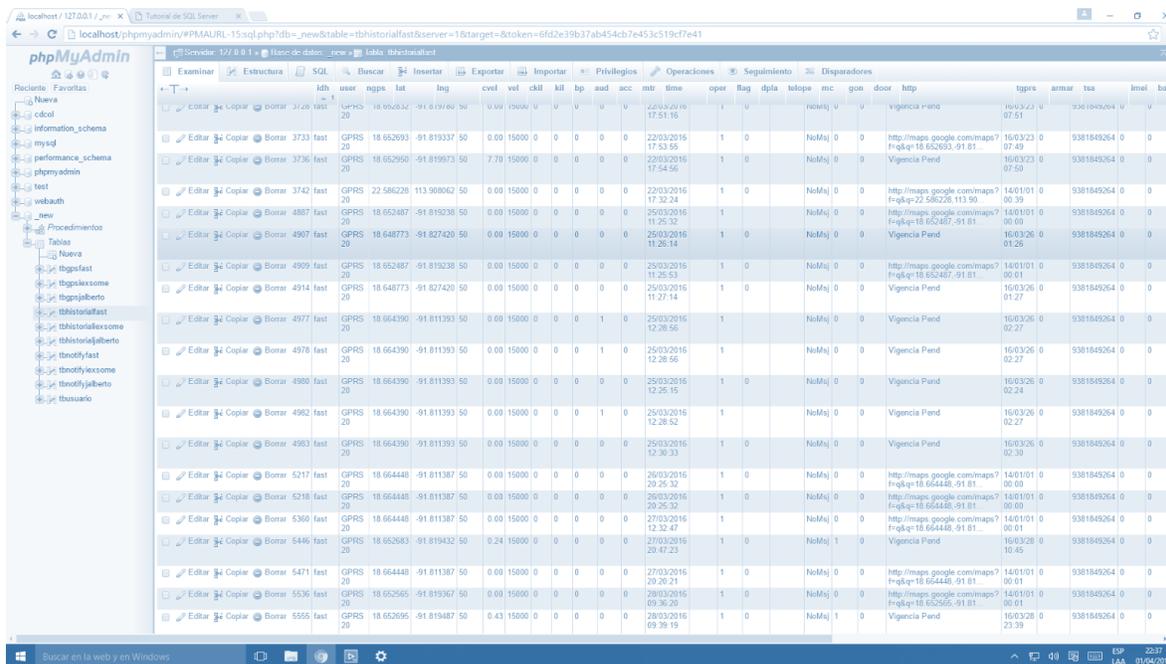
- El rendimiento de RAM estuvo en el rango del 25% al 32%
- El rendimiento del CPU estuvo en el rango del 5% al 25%
- El rendimiento de escritura a disco estuvo en el rango del 70% al 99%

Se diseñó software para el monitoreo de los procesos en ambas plataformas (Clientes y Pruebas) considerando operaciones simultaneas y redundantes entre equipos móviles ubicados en la Ciudad de México y Ciudad del Carmen, Campeche.

Visualización web de los parámetros de rastreo

Durante la ejecución de las pruebas se pudo observar que los elementos de rastreo contaron con actualizaciones de acuerdo con su ubicación, aun así, no hubo un espaciamento temporal uniforme entre la actualización de la ubicación de los dispositivos, esto es adjudicable a la secuencia en el arribo de los mensajes por parte del proveedor de telefonía, el proveedor no prioriza la secuencia de los mensajes, sino que los envía conforme llegan, haciendo que la estampa de envío y la asociada en el mensaje de texto sea diferente.

A continuación, en la **Figura 3.1.2**, se muestra una captura de pantalla del sistema mostrando el almacenamiento de los registros de la base de datos en la cual se indica el arribo desfasado de los mensajes de ubicación, la página web permite que los datos sean mostrados en la forma en que van llegando.



The screenshot shows the PHPmyAdmin interface displaying a table of tracking records. The table has the following columns: idh, user, npps, lat, lng, cvcl, vel, chl, kl, bp, aud, acc, mtr, time, oper, flag, dpla, telope, mc, gen, door, http, ttprr, amar, tea, lmet, bat. The data rows show records for user 'GPRS' with various location coordinates and timestamps. The records are ordered by their arrival time, showing a non-uniform distribution of updates.

idh	user	npps	lat	lng	cvcl	vel	chl	kl	bp	aud	acc	mtr	time	oper	flag	dpla	telope	mc	gen	door	http	ttprr	amar	tea	lmet	bat
20	GPRS	18.652632	-91.819100	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	22/03/2016 17:53:56	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.652632,-91.819100,0.00	16/03/26 07:49	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.652950	-91.819973	50	7.79	15000	0	0	0	0	0	22/03/2016 17:54:56	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 07:50	5381849264	0	0	
20	GPRS	22.586228	113.908062	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	22/03/2016 17:32:24	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=22.586228,113.908062,0.00	16/03/26 00:39	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.652487	-91.819238	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:25:32	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.652487,-91.819238,0.00	16/03/26 00:01	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.648773	-91.827420	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:26:32	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 01:26	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.652487	-91.819238	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:25:53	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.652487,-91.819238,0.00	16/03/26 00:01	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.648773	-91.827420	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:27:14	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 01:27	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	0	1	25/03/2016 12:28:56	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 02:27	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	0	1	25/03/2016 12:28:56	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 02:27	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	25/03/2016 12:25:15	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 02:24	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	0	1	25/03/2016 12:28:52	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 02:27	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	25/03/2016 12:30:33	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 02:30	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664448	-91.811387	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	26/03/2016 20:25:32	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.664448,-91.811387,0.00	16/03/26 00:00	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664448	-91.811387	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	26/03/2016 20:25:32	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.664448,-91.811387,0.00	16/03/26 00:00	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664448	-91.811387	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	27/03/2016 12:32:47	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.664448,-91.811387,0.00	16/03/26 00:01	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.652683	-91.819432	50	0.24	15000	0	0	0	0	0	27/03/2016 20:47:23	1	0	NoMjs	1	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 10:45	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.664448	-91.811387	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	27/03/2016 20:20:21	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.664448,-91.811387,0.00	16/03/26 00:01	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.652955	-91.819267	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	28/03/2016 09:36:20	1	0	NoMjs	0	0	0	0	0	http://maps.google.com/maps?Fgkq=18.652955,-91.819267,0.00	16/03/26 00:01	5381849264	0	0	
20	GPRS	18.652695	-91.819487	50	0.43	15000	0	0	0	0	0	28/03/2016 09:39:19	1	0	NoMjs	1	0	0	0	0	Vigencia Pend	16/03/26 23:39	5381849264	0	0	

Figura 3.1.2 – Almacenamiento de base de datos (PHPmyAdmin)

En la siguiente **Figura 3.1.3** se muestra el consecutivo de escritura y la fecha de arribo.

ar 4887	fast	GPRS 20	18.652487	-91.819238	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:25:32	1		NoMsj	0	0	http://maps.google.com/maps?f=q&q=18.652487,-91.81...
ar 4907	fast	GPRS 20	18.648773	-91.827420	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:26:14	1	0	NoMsj	0	0	Vigencia Pend
ar 4909	fast	GPRS 20	18.652487	-91.819238	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:25:53	1	0	NoMsj	0	0	http://maps.google.com/maps?f=q&q=18.652487,-91.81...
ar 4914	fast	GPRS 20	18.648773	-91.827420	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	0	25/03/2016 11:27:14	1	0	NoMsj	0	0	Vigencia Pend
ar 4977	fast	GPRS 20	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	1	0	0	25/03/2016 12:28:56	1		NoMsj	0	0	Vigencia Pend
ar 4978	fast	GPRS 20	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	1	0	0	25/03/2016 12:28:56	1		NoMsj	0	0	Vigencia Pend
ar 4980	fast	GPRS 20	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	0	25/03/2016 12:25:15	1	0	NoMsj	0	0	Vigencia Pend
ar 4982	fast	GPRS 20	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	1	0	0	25/03/2016 12:28:52	1		NoMsj	0	0	Vigencia Pend
ar 4983	fast	GPRS 20	18.664390	-91.811393	50	0.00	15000	0	0	0	0	0	0	25/03/2016 12:30:33	1	0	NoMsj	0	0	Vigencia Pend

Figura 3.1.3 – Fecha de arribo contra secuencia de almacenamiento

Se puede observar en la **Figura 3.1.4** que los mensajes arriban de forma no secuencial, lo que implica que la posición del GPRS salte entre las actualizaciones, esto de acuerdo con el arribo del mensaje y atribuible a la compañía operadora de telecomunicaciones.

Se implementó una rutina en web que prioriza la fecha para la actualización de la posición en web y siempre se vea la última posición del elemento rastreado.

Se muestra una imagen del historial de rastreo, de la plataforma de prueba.

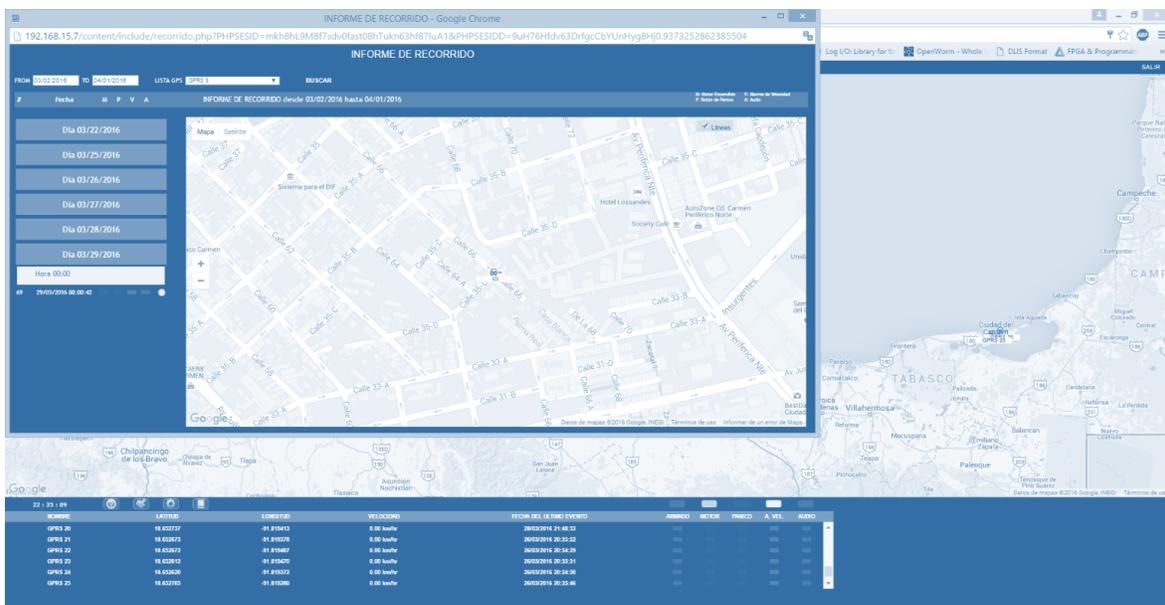


Figura 3.1.4 – Historial de rastreo de unidades en Ciudad del Carmen, Campeche

Observar **Figura 3.1.4** en el historial de rastreo, que no existen rutas de rastreo, esto es debido a una condicional en el almacenamiento de la información.

Solamente son almacenados los registros en el historial web una vez cada hora si es que no ha cambiado su estado de encendido del vehículo o en su defecto, se almacenan cuando el vehículo cambia estado de encendido, latitud y longitud, se diseñó de esta manera debido a que el GPS puede alterar su precisión y mostrar información de latitud y longitud errónea atribuible a la precisión de la instrumentación o al cambio de la posición de los satélites a los que se enlaza. Es debido a esto que no tenemos un registro de recorrido en la web de las unidades de prueba, no cambiaron su estado de encendido o apagado de motor.

Número de mensajes procesados en un día

En la **Figura 3.1.5** se muestra una relación de los mensajes procesados por la plataforma de pruebas en el periodo del 7 al 29 de marzo de 2016.

Para este efecto se desarrolló un software y una rutina que registra el proceso de información por parte de la plataforma de Rastreo.

En la gráfica se puede observar que el número de mensajes procesados por el GPRS de recepción en promedio por la plataforma de pruebas es de 11,078 mensajes por día y un total de 243,726 en 22 días, el 8 de marzo de 2016 se presenta un mínimo con 5576 mensajes, y el día 28 de marzo de 2016 se presenta un máximo de 21,346 mensajes procesados.

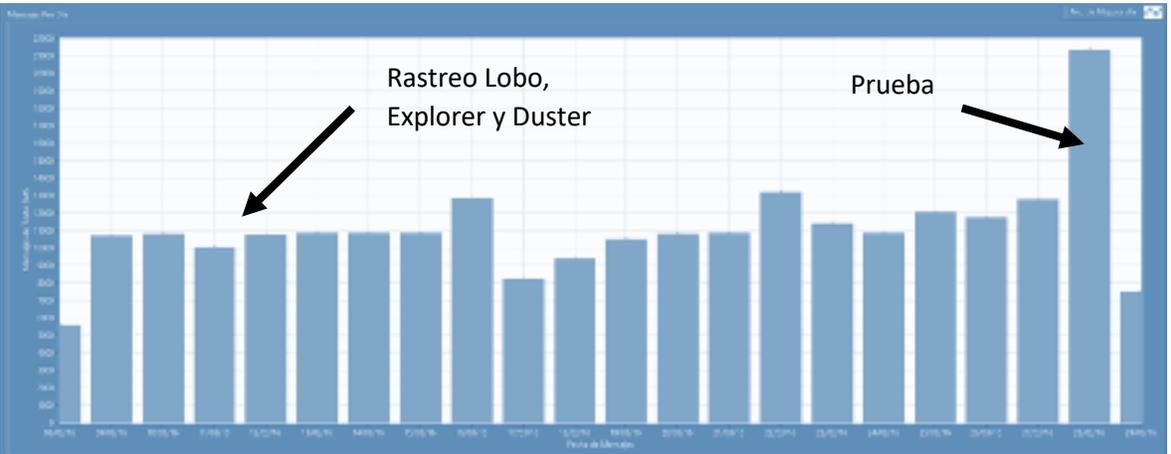


Figura 3.1.5 – Promedio de mensajes diarios en plataforma de pruebas.

A continuación, ver **Figura 3.1.6** se muestra el desempeño de recepción de mensajes del GPRS de envío de la plataforma de prueba, se puede observar un periodo de 15 días analizados y 246 mensajes recibidos, con un promedio de recepción de 16 mensajes por día y un máximo de 162 mensajes el día 22 de marzo de 2016 y un mínimo de 1 mensaje recibido en múltiples días.

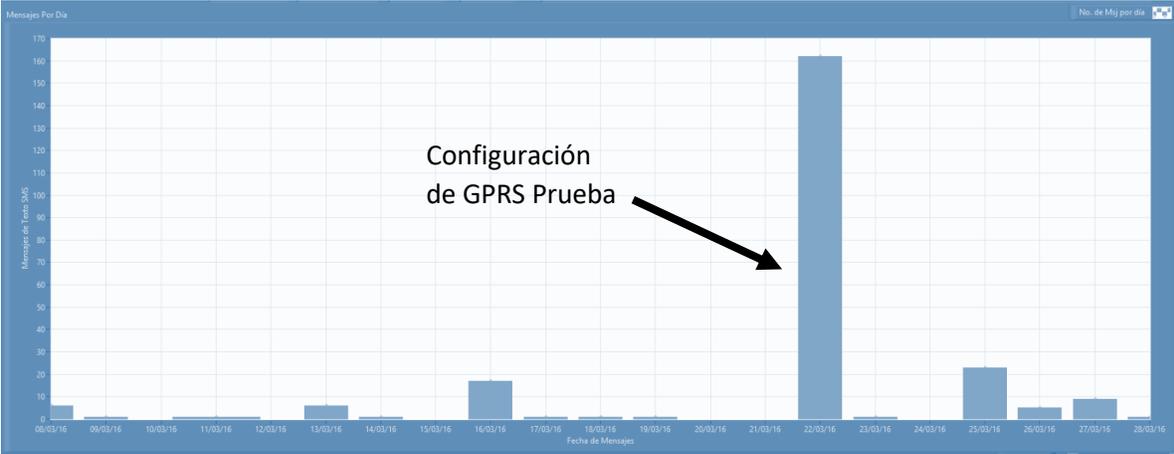


Figura 3.1.6 – Recepción de mensajes de la plataforma de pruebas.

A continuación, en **Figura 3.1.7** se muestra la misma gráfica de desempeño de lectura de mensajes por día, pero esta vez asociada a la plataforma de clientes considerando un promedio de por día de 4,329 mensajes procesados en el GPRS de recepción y un total de 121,204 mensajes procesados en un periodo de 28 días, indicando un mínimo el 10 de marzo de 2016 con 2,900 registros y un máximo de 5,265 registros el día 3 de marzo de 2016. Las oscilaciones mayores en amplitud y mensajes se pueden atribuir a errores en la plataforma de Clientes, ya sea por causa de web o por el software desarrollado para rastreo.

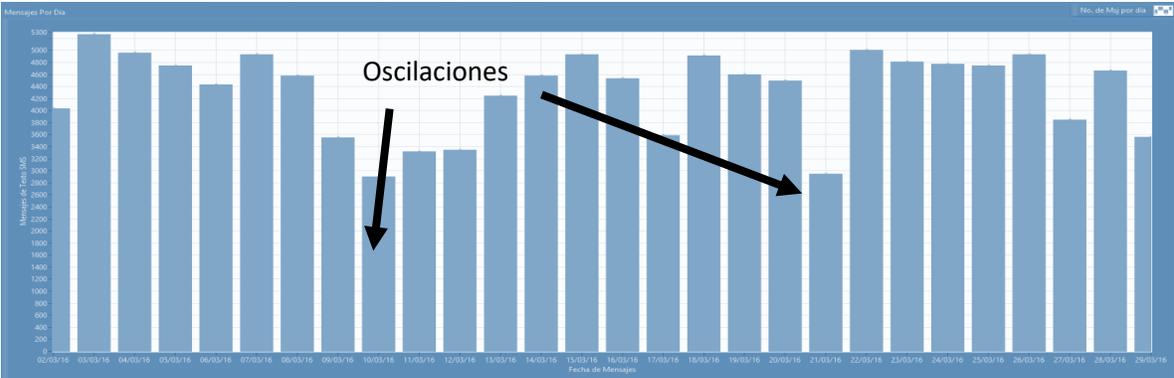


Figura 3.1.7 – Procesamiento diario de mensajes en la plataforma de clientes.

A continuación, en la **Figura 3.1.8** se muestra el desempeño de recepción de mensajes del GPRS de envío de la plataforma de clientes, se puede observar un periodo de 27 días analizados y 300 mensajes recibidos durante el periodo, con un promedio de recepción de 11 mensajes por día y un máximo de 38 mensajes el día 23 de marzo de 2016 y un mínimo de 1 mensaje recibido en múltiples días.

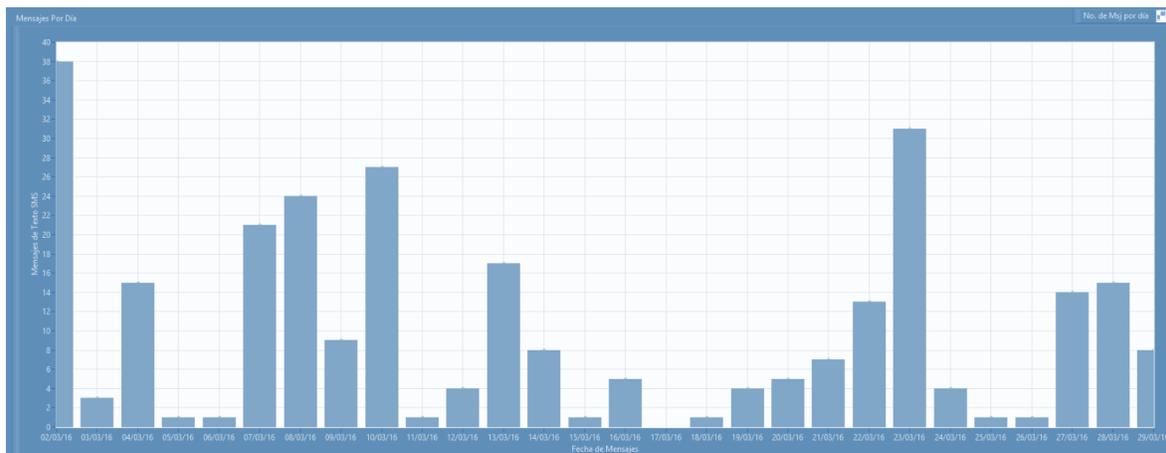


Figura 3.1.8 – Desempeño de la recepción de mensajes plataforma de clientes.

Resumen de pruebas de desempeño

Plataforma de Pruebas

En la **Tabla 3.1.1** se muestra el resultado de las pruebas efectuadas en la plataforma de rastreo, evaluando la transferencia y recepción de mensajes partiendo de la utilización de cada uno de los equipos de comunicación conectados a la plataforma (GPRS recepción y GPRS envío), observando que se encuentra una subutilización del equipo identificado como GPRS envío.

Tabla 3.1.1 – Resumen de pruebas de envío y recepción plataforma de pruebas.

Atributo	GPRS Recepción	GPRS Envío
Mensajes recibidos por día [mensajes]	11,078	16
Periodo evaluado [días]	22	15
Mínimo día [mensajes]	5,576	1
Máximo día [mensajes]	21,346	162
Mensajes analizados en periodo [mensajes]	243,726	246

Plataforma de Clientes

En la **Tabla 3.1.2** se muestra el desempeño de las pruebas efectuadas en la plataforma de clientes considerando la utilización en entorno real y validación utilizando instrumentación con diferentes periodos de muestreo y diferentes parámetros de instrumentación (Tapia, 2007), mostrando una subutilización del equipo identificado como GPRS envío, indicando un desempeño similar con la plataforma de pruebas en lo que respecta a los equipos enlazados GPRS recepción y GPRS envío.

Tabla 3.1.2 – Resumen de pruebas de envío y recepción plataforma de clientes.

Atributo	GPRS Recepción	GPRS Envío
Mensajes recibidos por día [mensajes]	4,329	11
Periodo evaluado [días]	28	27
Mínimo día [mensajes]	2,900	1
Máximo día [mensajes]	5,265	38
Mensajes analizados en periodo [mensajes]	121,204	300

Con la información anterior, se puede apreciar que la capacidad de cada uno de los GPRS de la plataforma está limitado a la lectura de 21,346 mensajes por día. Y que existe una subutilización del GPRS de envío.

No se cuenta con estadísticas de envío de mensajes por lo que ésta deberá de ser implementada en el software de procesamiento de Mensajes SMS para cada GPRS asociado a la plataforma de rastreo en ambas plataformas.

Número de mensajes procesados por unidad rastreada.

A continuación, en la **Figura 3.1.9** se muestra el número de mensajes recibidos por unidad rastreada se muestran todas las unidades dadas de alta en la plataforma de pruebas, el periodo analizado es el total.

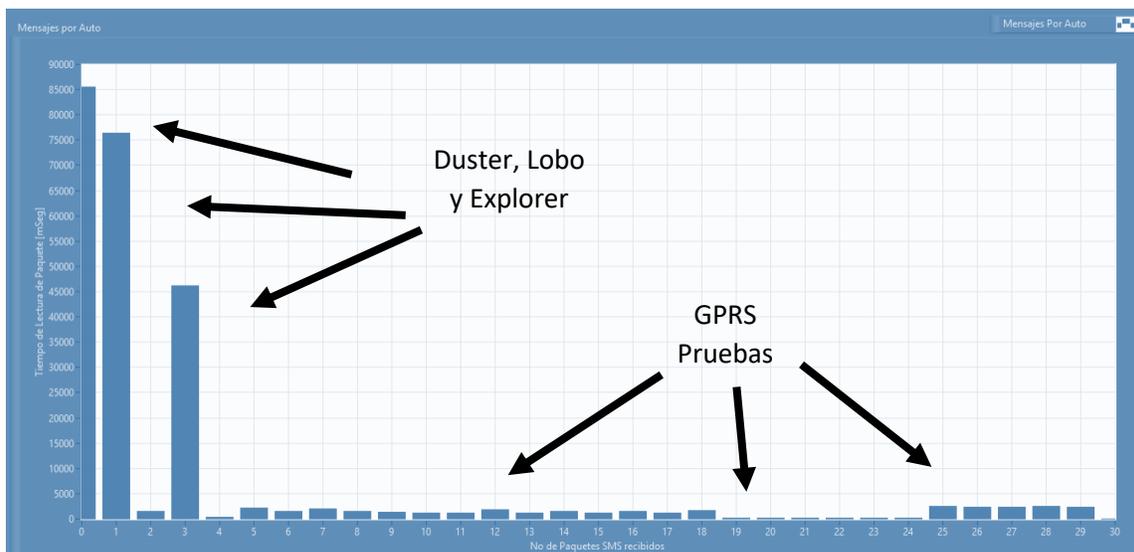


Figura 3.1.9 – Número de mensajes enviados por unidad rastreada.

Se muestra la **Figura 3.1.10** indicando los datos de rastreo para cada unidad dada de alta en la plataforma de pruebas y un zoom de los datos de la tabla asociados a los GPRS de Prueba identificados del 1 al 26.

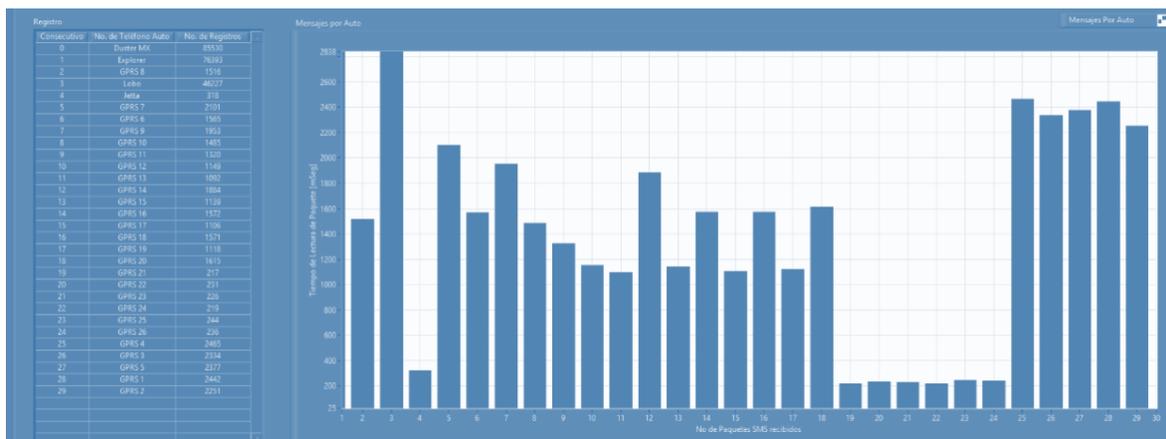


Figura 3.1.10 – Zoom a la tabla de gráficos asociados con los equipos GPRS de prueba

Se puede apreciar que el volumen de datos de cada uno de los GPRS es bajo en comparación a los de Duster, Lobo y Explorer, en principio es debido al intervalo analizado ya que los datos de los GPRS de Prueba corresponden a 12 horas y el de los GPRS Duster, Lobo y Explorer corresponde a un periodo de 27 días.

Se muestra a continuación la **Figura 3.1.11** con los datos referidos al tiempo de encendido de cada GPRS en Horas.



Figura 3.1.11 – Tiempo de encendido de cada equipo de pruebas

En **Figura 3.1.12** se muestra el número de Mensajes recibidos de cada Equipo GPRS



Figura 3.1.12 – Mensajes recibidos de cada equipo.

En la **Figura 3.1.13** se muestra el número de mensajes teóricos vs el número de mensajes reales recibidos por un GPRS.

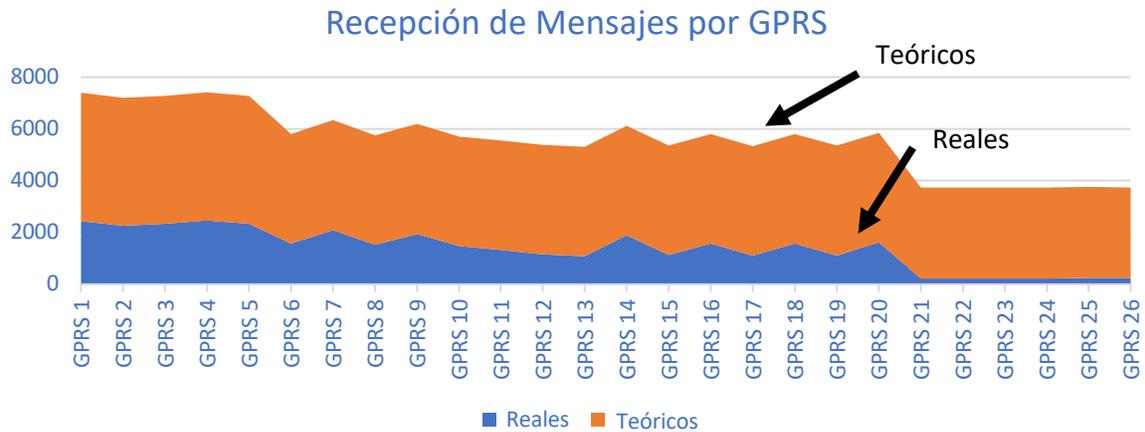


Figura 3.1.13 – Mensajes teóricos vs mensajes reales

Se puede apreciar que la relación entre los mensajes calculados contra los reales es baja, la relación de mensajes recibidos corresponde solamente al 38% de los mensajes calculados, por lo que la eficiencia de la plataforma está comprometida debido a los intervalos de arribo de los mensajes, nuevamente atribuibles al proveedor de servicios de telecomunicaciones.

Se muestra a continuación en **Figura 3.1.14** el tiempo de recepción entre mensajes, se muestra en la vertical los segundos transcurridos entre mensajes, se puede apreciar que a mayor número de GPRS los mensajes arriban con mayor espaciamiento entre ellos.

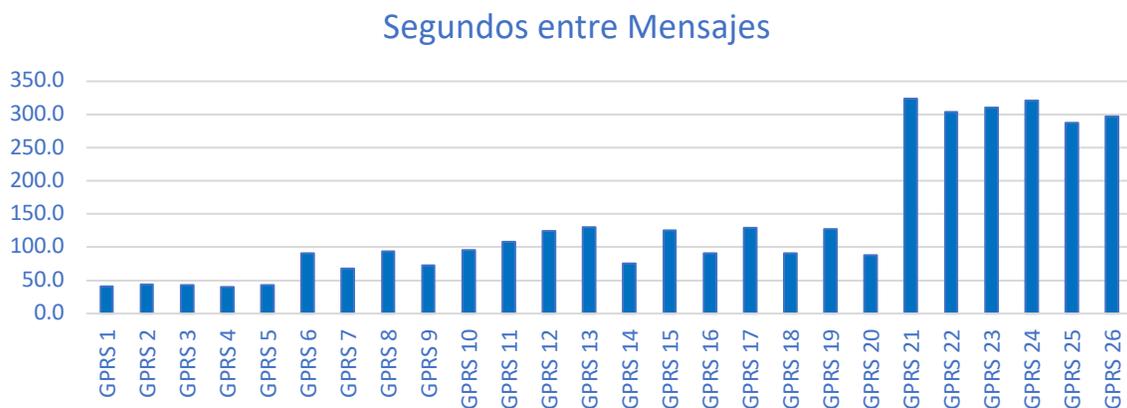


Figura 3.1.14 – Intervalo entre recepción de mensajes en segundos.

A menor número de GPRS, el tiempo entre mensajes es mejor, entre más GPRS, los mensajes se espacian aún más perdiendo precisión entre la actualización de la información. En la **Tabla 3.1.3** se muestra el intervalo de recepción de mensajes entre los equipos de adquisición y las plataformas de prueba y clientes.

Tabla 3.1.3 – Intervalo entre la recepción de mensajes.

	Tiempo entre actualización [segundos]
GPRS 1	40.5
GPRS 2	44.0
GPRS 3	42.4
GPRS 4	40.2
GPRS 5	42.4
GPRS 6	91.0
GPRS 7	67.8
GPRS 8	93.9
GPRS 9	72.9
GPRS 10	95.9
GPRS 11	107.9
GPRS 12	123.9
GPRS 13	130.4
GPRS 14	75.6
GPRS 15	125.0
GPRS 16	90.6
GPRS 17	128.8
GPRS 18	90.6
GPRS 19	127.4
GPRS 20	88.2
GPRS 21	323.5
GPRS 22	303.9
GPRS 23	310.6
GPRS 24	320.5
GPRS 25	287.7
GPRS 26	297.5

Tiempo entre arribo de mensajes

A continuación, se detalla el tiempo de procesamiento de mensajes y el tiempo entre arribo de estos.

¿Cómo se calcularon los tiempos entre mensajes?

Se desarrolló un temporizador de datos entre mensajes, el cual permite con precisión medir el intervalo que toma la lectura entre mensajes. Este intervalo se calcula entre cada arribo de mensaje proveniente del proveedor de servicios de telecomunicaciones, observando lo siguiente:

- Cuando el equipo receptor (GPRS Recepción) se encuentra desenergizado y los mensajes siguen siendo enviados por el equipo adquisidor se apilan en un buffer gestionado por el proveedor de servicios.
- El tamaño del búfer del proveedor no es constante y se asume que los parámetros de gestión dependen de la disponibilidad de sus servicios.
- Se observó que el tamaño aproximado del búfer de espera oscila entre 60 y 200 mensajes SMS.
- Cuando los mensajes en espera rebasan el búfer de almacenamiento, el equipo receptor pierde su funcionamiento de enlace con las antenas de telefonía, nuevamente gestionado por el proveedor de servicios, restableciéndose en un periodo aproximado de 30 minutos posteriores a su energización.
- Existe pérdida de información durante este lapso, además de no respetar una secuencia temporal del consumo de mensajes en espera.

Dentro de los parámetros del software se consideró la adecuación para el acomodo temporal y el consumo de mensajes en paquetes de 1 a 20 SMS por evento.

Las principales causas para la desenergización del equipo receptor es el corte de suministro eléctrico, fallas en la alimentación y/o equipo de respaldo eléctrico, manipulación incorrecta de los equipos y/o fallas por disipación eléctrica en las tarjetas desarrolladas.

La **Figura 3.1.15** muestra una escala en milisegundos contra el número de paquetes recibidos por la plataforma de prueba. El número de paquetes corresponde a un mensaje de texto indicando que hay mensajes nuevos, ya sea uno o 20 mensajes.

Durante la prueba se recibieron 27,525 paquetes de mensajes.



Figura 3.1.15 – Actualización de mensajes recibidos contra procesados.

Se muestra en la **Figura 3.1.16** un pico de saturación de mensajes de la **Figura 3.1.15** y su restablecimiento en 36 minutos, se puede especular que el tiempo de restablecimiento del sistema después de una saturación de mensajes es aproximadamente de 36 minutos.

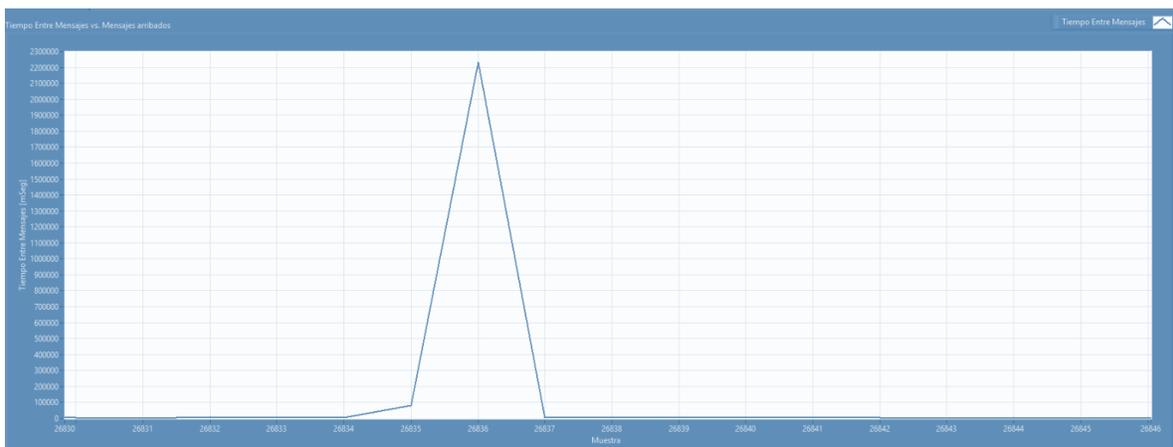


Figura 3.1.16 – Pico de saturación de mensajes y restablecimiento de señal telefónica.

A continuación, se muestra en la **Figura 3.1.17** un acercamiento de la **Figura 3.1.15** mostrada anteriormente y el procesamiento de mensajes.

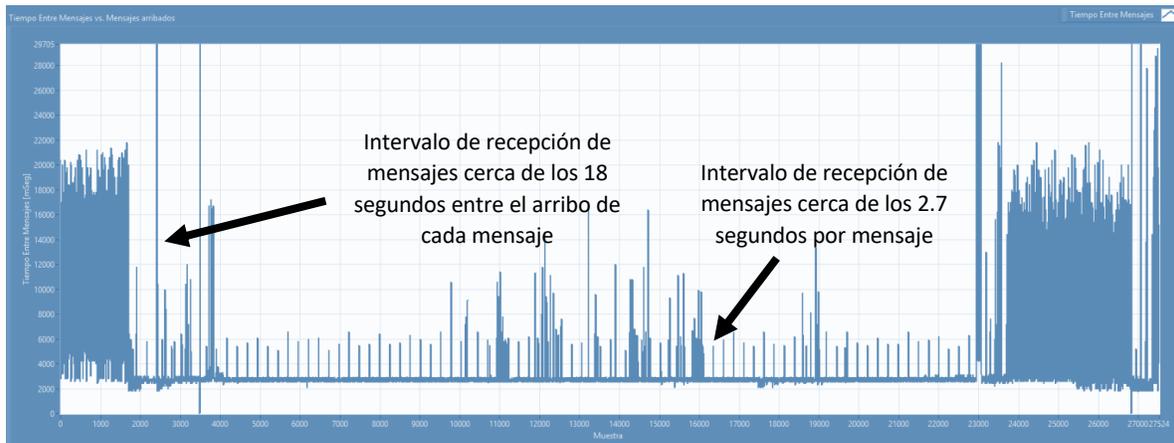


Figura 3.1.17 – Zoom intervalos de recepción y procesamiento de mensajes.

El promedio de recepción de mensajes es de 4.13 segundos, esto implica que el proveedor de servicios de telecomunicaciones envía un mensaje cada 4.13 segundos en lugar de cada segundo como esperábamos.

A continuación, en **Figura 3.1.18** se muestra el número de mensajes que llegan en cada paquete.

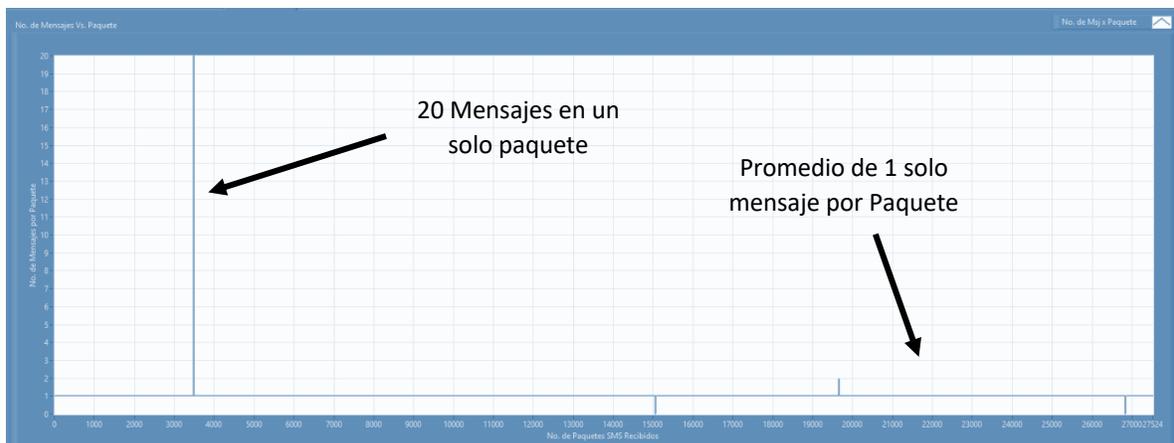


Figura 3.1.18 – Número de mensajes por paquete de datos.

Teniendo lo anterior en contexto podemos asumir que un mensaje del proveedor de servicio de telecomunicaciones llega cada 4.13 segundos aproximadamente.

Esto limita la capacidad de procesamiento de la plataforma, de manera que el número de mensajes que esperábamos por día se reduce y reduce la capacidad de procesamiento de la plataforma de rastreo.

Se detalla a continuación en la **Figura 3.1.19** el tiempo en que el software procesa los paquetes de mensajes.

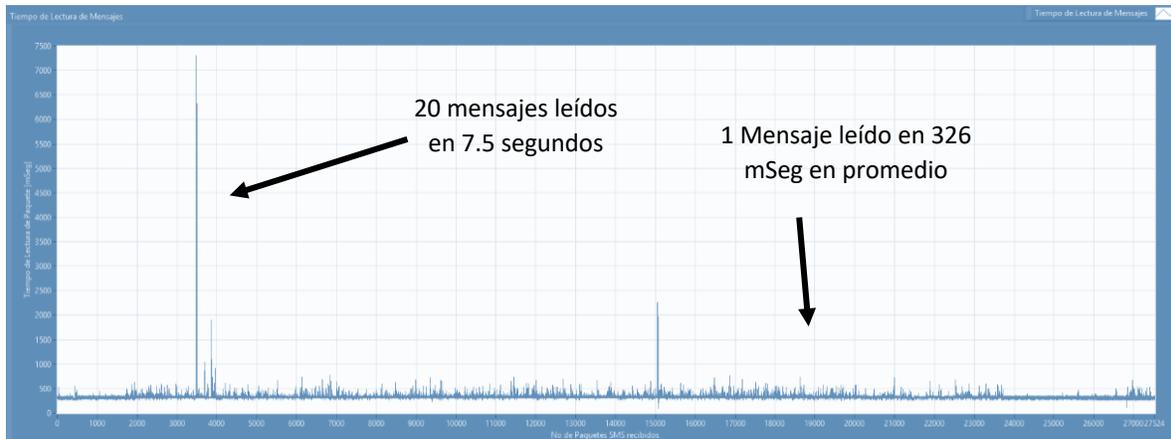


Figura 3.1.19 – Tiempo de procesamiento de paquetes.

De acuerdo con la **Figura 3.1.19** mostrada anteriormente tenemos un tiempo medio de lectura de 326 milisegundos por mensaje.

Estadísticas

A continuación, se detallarán las estadísticas de recargas en los vehículos de los clientes.

En la **Figura 3.1.20** se muestra el número de días entre recargas a cada auto, se puede apreciar que tenemos una mayor recurrencia de recargas en el Tsuru 2764 del usuario Taxis, recargándolo cada 4.2 días.



Figura 3.1.20 – Número de días entre recargas.

La Gráfica anterior indica que ponemos \$20.00 pesos a cada auto en promedio cada 9.3 días.

A continuación, en la **Figura 3.1.21** mostramos el consumo de saldo promedio de cada auto por día.



Figura 3.1.21 – Consumo de saldo por día por equipo.

De acuerdo con la información, cada auto consume \$2.34 pesos por día en promedio, lo que implica que en un periodo de 30 días cada auto genera costos aproximados de \$70.20 pesos al mes, solo por efectos del rastreo.

En la información recabada se puede observar que el día en que se instala y se desarrollan pruebas, ponemos una recarga doble al auto, esto puede ser debido a que los chips han sido enlazados como amigo gratis SMS con la plataforma de rastreo, pero no se ha dado el periodo de alta y tenemos que ingresar una recarga adicional, adicionalmente se puede observar que existen equipos de rastreo con saldo vencido.

3.2 Representación Gráfica de la posición.

El usuario puede generar los reportes desde el software desarrollado **Figura 3.2.1**, el cual es actualizado en intervalos de 30 minutos con la intención de permitir la visualización de los elementos del sistema. Contará con la visualización de puntos en mapa estático utilizando funciones para tal efecto de Google Maps©.

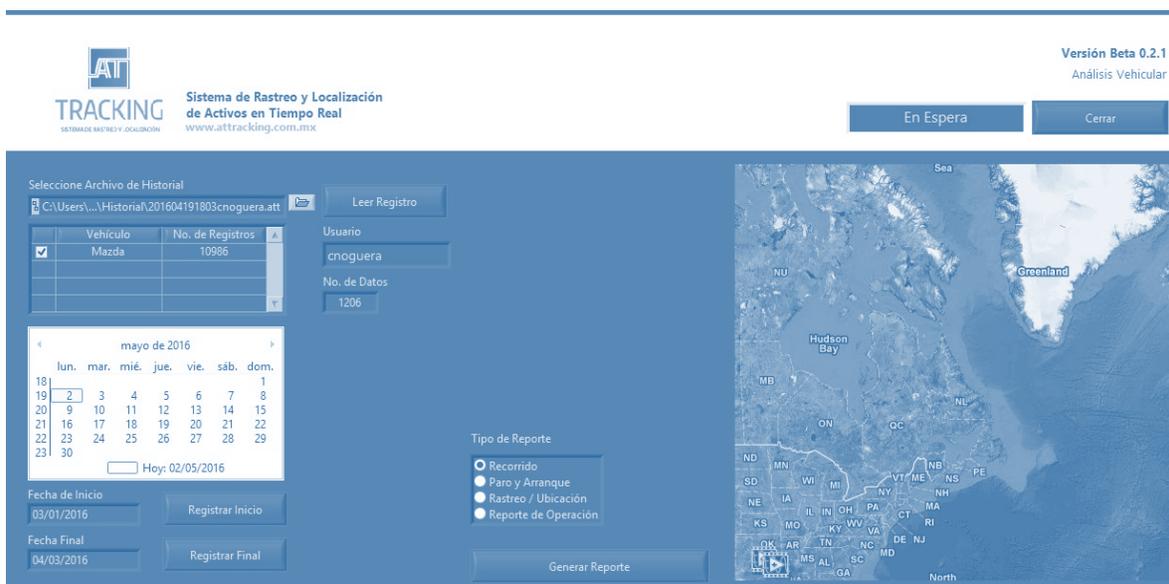


Figura 3.2.1 – Plataforma de generación de reportes.

Reporte de Recorrido

En la **Figura 3.2.2** se ve el recorrido realizado.



Figura 3.2.2 – Segmento de reporte de posición y recorrido.

En la **Figura 3.2.3** se ven los paros realizados.



Figura 3.2.3 – Paros de unidad en sitio.

Iconografía en Reporte

La iconografía del reporte **Figura 3.2.4**, **Figura 3.2.5**, **Figura 3.2.6** y **Figura 3.2.7** es personalizable en tamaño y forma para el usuario.



Figura 3.2.4 – Iconografía de globo



Figura 3.2.5 – Iconografía de alerta



Figura 3.2.6 – Iconografía de cliente



Figura 3.2.7 – Iconografía en escalas diferentes.

3.3 Sistema de Información Geográfico.

En la *Figura 3.3.1* se ve geográficamente el recorrido realizado y la elevación indicada en la *Figura 3.3.2*.

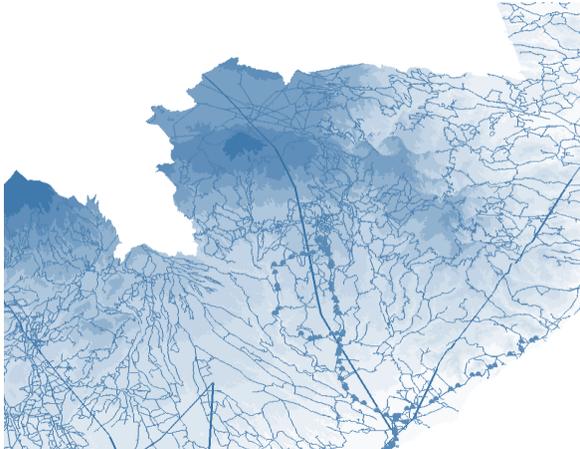


Figura 3.3.1 – Desplazamiento geográfico

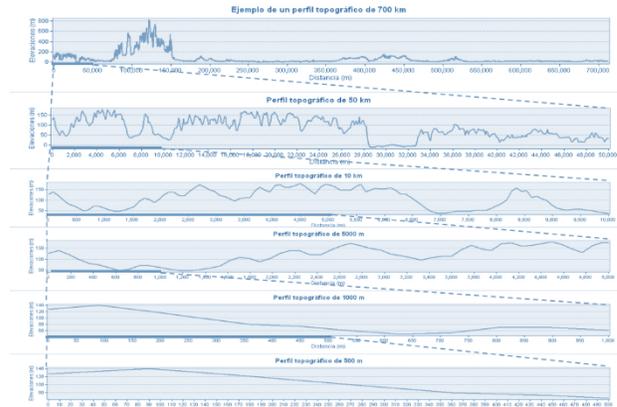


Figura 3.3.2 – Elevación.

En la *Figura 3.3.3* y *Figura 3.3.4* se muestra también el recorrido geográfico, utilizando relieve topográfica y vista de calles asociado al sistema de información geográfica.

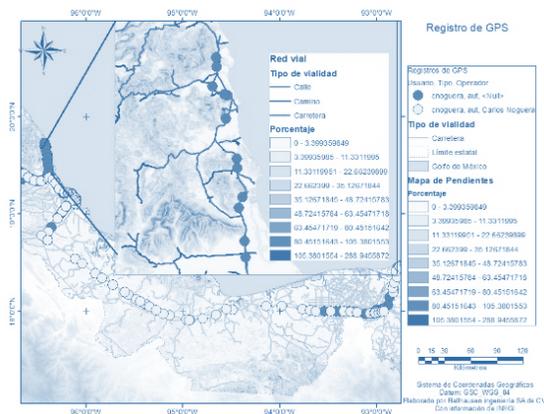


Figura 3.3.3 – Vista de relieve.

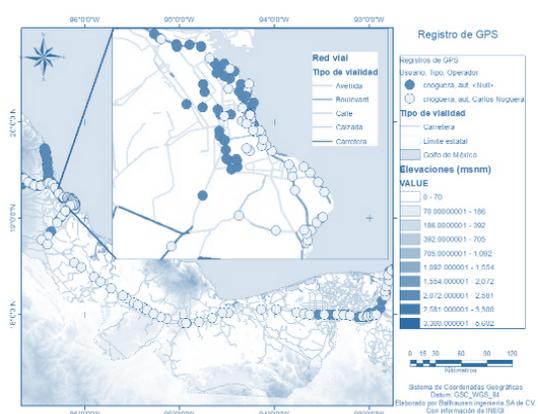


Figura 3.3.4 – Vista de calles

En la **Figura 3.3.5** se muestra el perfil de la elevación de ductos de transporte de hidrocarburos en la región de Veracruz, México, extraído de estaciones fijas de sistemas de detección de fugas y tomas clandestinas implementados por el Instituto Mexicano del Petróleo© (IMP).

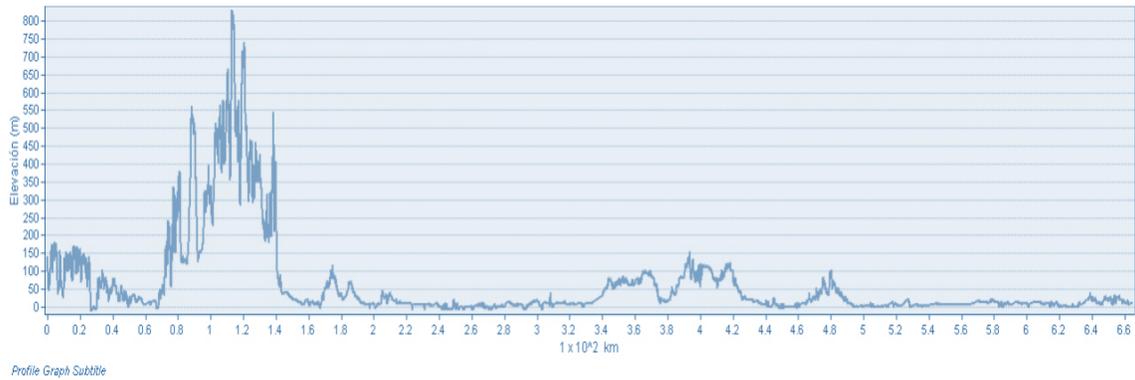


Figura 3.3.5 – *Elevación geográfica de ductos de transporte de hidrocarburos en la región de Veracruz, México.*

Capítulo 4. APLICACIONES

Se adecuaron diferentes aplicaciones a partir de los desarrollos realizados, buscando principalmente validaciones de mercado, ponderando tanto diseños dirigidos por prueba (TDD) como diseños dirigidos por modelo de negocio (DDD).

Se desarrollaron elementos de maduración de tecnologías para su incorporación en diferentes mercados, ferroviario, transporte, manufactura, construcción, militar entre otros. Los ejemplos mencionados a continuación son validaciones comerciales con empresas y clientes transaccionados de manera real, muchos de ellos aún son usuarios de los sistemas y cuentan con la tecnología implementada, existen líneas de negocio que por falta de enfoque carecen de madurez, pero la tecnología central de la plataforma y rutinas siguen siendo vigentes y en maduración constante.

Validaciones de segmentos de mercado

De acuerdo con los métodos de validación de segmentos de mercado y procesos de validación tecnológica asociados con los elementos descritos en *Value Proposition Canvas* (Osterwalder, et.al., 2015) centrándose en la iteración rápida de los segmentos de mercado para analizar y entender la inserción tecnológica y la generación de valor percibida por los clientes.

Cabe aclarar que muchas de las aplicaciones consideraron desarrollos tecnológicos específicos para la aplicación en los segmentos de mercado como se vio en el Capítulo 2 del presente documento y comprenden un periodo de maduración en intervalos prolongados del 2011 en su concepción, pruebas de concepto hasta el 2020 en la implementación rápida.

Actualmente se cuenta con soluciones implementables en 1 día, que permiten expandir la aplicación y monitoreo de equipos a distancia e inclusive con dispositivos celulares, la plataforma web se encuentra obsoleta considerando la inserción y aceleración tecnológica y a finales del 2020 se optó por la migración utilizando bases de datos en tiempo real como

Firestore© y utilizando plataformas webapps implementadas con Angular© en lenguaje Typescript y sistemas de posicionamiento geográfico utilizando Google Maps© y OpenMaps© por conveniencia en la aplicación.

Los elementos mostrados a continuación consideran aspectos de algunos de los elementos validados a lo largo de 7 años y la percepción del valor por parte de los diferentes partes. No se incluyen todos los ejemplos de implementación por efectos de derechos de autor, seguridad y/o propiedad intelectual, sin embargo, las aplicaciones mostradas son representativas de la premisa del presente trabajo sobre la necesidad de cubrir aspectos logísticos, de transporte, de adquisición de datos, para la toma de decisiones y/o competitividad dentro de los sectores comerciales en México.

4.1 Monitoreo y control vehicular

En la actualidad existe una diversidad importante de empresas que prestan servicios logísticos y de rastreo, muchas de las aplicaciones son concentradas en el extranjero China, Estados Unidos, Chile, entre otros países, lo que hace un segmento muy competido y altamente regulado al estar vinculado con fuerzas de seguridad, concentrando principalmente flotillas vehiculares de transportes de mercancías, transporte público y de personal, así como, transporte de valores.

Se realizó validación para transporte público *Figura 4.1.1*, taxis, vehículos particulares, vehículos de transporte de mercancías.



Figura 4.1.1 – Instalación de equipos de rastreo en transporte público.

En la **Tabla 4.1.1** se muestra la relación de la propuesta de valor por segmento de mercado considerando diferentes aspectos de instrumentación, requerimientos de software y los principales beneficios percibidos de la implementación de un sistema de enlace y control remoto en activos vehiculares.

Tabla 4.1.1 – Segmentos de mercado contra beneficios percibidos.

Segmento de Mercado	Beneficios percibidos	Principal motivo de compra
Taxis / Uber	Los dueños del taxi / uber principalmente, buscan seguridad contra incidentes (asaltos, choques, robo), tiempo de inicio y fin de jornada, ubicación de la unidad y finalmente la programación de mantenimiento. No es de interés el consumo de combustible ni el número	Seguridad

	de viajes, ya que los operadores cuentan con una cuenta diaria que tienen que entregar.	
Transporte Público	Las empresas operadoras de transporte público, autobuses y combis, su principal motivador es regulatorio y de seguridad. Existe una regulación que obliga a las empresas que operan transporte público contar con sistemas de videovigilancia en tiempo real conectado con seguridad pública.	Normativo
Particulares	Es su principal interés contar con elementos de seguridad para su familia, hijos, esposo/a así como incentivos en el seguro del auto.	Seguridad
Mercancias	Consumo de combustible ya que los operadores suelen reportar consumos excedentes y extraer el combustible de las unidades, tiempo de viaje, conocer geocercas y georutas, paros no autorizados en puntos peligrosos, conocer incidentes y aspectos adicionales de los procesos relacionados con la trazabilidad de los productos que son transportados.	Logística

Existen elementos adicionales que aún no se han validado, pero es claro que el mercado se beneficia directamente de los procesos de enlace remoto. Existen algunas compañías mexicanas que prestan servicios de con estas características pero la mayoría de estos servicios se prestán de manera centralizada por compañías extranjeras con equipos y operaciones locales estableciendo enlaces remotos basados en comunicación GSM / GPRS.

Existen aspectos adicionales que permiten insertar ofertas a partir de una segmentación específica, como la generación de alternativas al robo vehicular o aplicaciones muy específicas para segmentos comerciales reducidos.

4.2 Monitoreo y control de activos

El monitoreo y control de activos hace referencia a aquellos elementos que son transportados de manera remota y es deseable preservar el estatus e integridad, dentro de estos rubros puede ser considerada la maquinaria pesada, personas, animales, medicinas, órganos, embalajes, son elementos que originalmente se encuentran en traslado pero no necesariamente vinculados al vehículo que los traslada, se puede considerar también como redundancia al traslado o también pueden ser vinculadas de manera directa y la integración del estatus en operación o en activos.

El proceso de control de activos contempla principalmente aspectos relacionados con la trazabilidad, lo anterior implica que adicionalmente a los procesos de rastreo es requerido en muchas ocasiones la instrumentación específica para el proceso.

Los segmentos de mercado son más pequeños y de propósito específico que los asociados con el monitoreo y control vehicular.

Como ejemplo, en la **Figura 4.2.1** una retroexcavadora para la construcción de carreteras, ponderando la medición de parámetros de operación, como corriente, ubicación, combustible, horas de trabajo y características relacionadas con el mantenimiento.



Figura 4.2.1 – Monitoreo de activos maquinaria pesada.

La vida útil del dispositivo puede diferir o inclusive ser desechable, eso incentiva la reducción de los costos de integración de componentes, y se percibe como una variable dentro de la construcción de la solución para cada uno de los segmentos identificados.

En la **Tabla 4.2.1** se puede observar el valor percibido por cada segmento de mercado, es importante para el lector intuir la instrumentación requerida para cumplir con las expectativas de cada segmento de mercado.

Tabla 4.2.1 – Monitoreo de activos maquinaria pesada.

Segmento de Mercado	Beneficios percibidos	Principal motivo de compra
Maquinaria Pesada	El equipo se transporta a sitios de construcción, los aspectos de ubicación y tiempo de arribo son importantes, usualmente los equipos se estiman en renta o en horas de operación, el dueño suministra el combustible con el equipo en renta, es recurrente la extracción de combustible por parte de personal en el sitio de construcción, la integridad de la maquinaria así como su operación y mantenimiento es algo crítico.	Operación e Integridad
Personas / mascotas	El resguardo de personas y mascotas durante diferentes trayectos es deseable en ciertos casos de uso, puede estar vinculado a niños, a personal de seguridad, a personal de ventas y animales en traslados, la escucha y botón de pánico son elementos deseados por el segmento.	Seguridad
Medicinas / órganos	La integridad adicionalmente a la ubicación es un factor requerido, la medición de parámetros físicos, como aceleraciones o vibraciones, temperatura, humedad y otros parámetros.	Trazabilidad e Integridad

Embalajes	El dispositivo se inserta dentro en embalajes portando elementos de alto costo, buscando la integridad del equipo contra impactos, aceleraciones, vibraciones, condiciones de entorno, manipulación, humedad, robo entre otros elementos asociados al traslado.	Seguridad
-----------	---	-----------

El monitoreo y control de activos considera en muchas ocasiones la utilización de elementos de energización automática, la trazabilidad es un factor importante por lo que utilizar tecnología GPRS GSM es deseable contra las alternativas de red 3G, 4G o 5G, debido a que la cobertura en las bandas GPRS Y GSM es superior a la existente en las redes 3G, 4G, 5G, considerando una reducción del ancho de banda en la transmisión de datos el procesamiento se realiza en sitio y solo el envío de notificaciones críticas y de estatus.

4.3 Sistemas de adquisición de variables

Los parámetros de monitoreo de variables físicas suelen presentarse en escenarios de movilidad parcial o de elementos en ausencia de infraestructura de comunicaciones, donde se puede establecer estaciones fijas de monitoreo, usualmente se presentan en sitios retirados, o el tipo de instrumentación se encuentran en sitios de alto riesgo, bajo estas consideraciones se pueden utilizar canales de comunicación alternativos al GPRS como pueden ser los asociados a transpondedores satelitales, antenas satelitales o alternativas en banda ancha.

Otro aspecto relevante es la baja intrusión en infraestructuras industriales, es un canal de comunicación libre de regulaciones en sitios normados para el monitoreo de equipos y herramientas en plantas industriales con regulaciones de TI significativas.

Un factor importante por considerar es la integridad del equipo en sitio, ya que se consideran susceptibles al vandalismo, así también los aspectos relacionados con la energización siendo un elemento típico los paneles solares con banco de baterías.

La adquisición de variables contempla monitoreos en presas, pozos, ductos y sitios con baja mantenibilidad operativa, así como, elementos presentes en plantas industriales altamente reguladas en TI, adicionalmente se consideran aplicaciones de transferencia de datos con bajo costo operativo donde no sea crítica la transferencia de información.

En la **Figura 4.3.1**. se muestra la unidad móvil de operaciones de fracturamiento hidráulico, desarrollada por el Instituto Mexicano del Petróleo©, la cual cuenta con un sistema de enlace basado en GPRS para la transmisión de datos giroscópicos de pozo en enlace remoto con la sede del IMP, en conjunto con otros parámetros.



Figura 4.3.1 – Unidad móvil de monitoreo de operaciones de fracturamiento hidráulico, IMP© 2018

Otro conjunto de aplicaciones considera la utilización de sistemas para diagnóstico de las operaciones y equipos a manera de kit de pruebas, en la **Imagen 4.3.2** se muestra un sistema desarrollado para Alstom Transport de México© (ALSTOM) para el monitoreo de temperatura en turbocargadores de locomotoras modelos EVO y AC 4400 de FERROMEX©, el equipo se encarga de enlazar la información durante diferentes trayectos

a lo largo del país para evaluar el estatus de las diferentes locomotoras, concentrándose la información en el SCADA¹⁵ de ALSTOM en Xalapa, Veracruz.



Figura 4.3.2 – Sistema de adquisición de datos remoto para monitoreo de turbocargadores.

Se consideran deseables la utilización de estos equipos en entornos donde los aspectos operativos son de alto riesgo como pueden ser los entornos explosivos, en estos casos es requerido cubrir un conjunto normativo importante ya que tanto las instalaciones como las personas pueden sufrir afectaciones importantes.

En la **Imagen 4.3.3** se muestra un equipo desarrollado con equipos intrínsecamente seguros que permite la operación en atmósferas explosivas Zona 1 Clase II, con riesgo de formación de elementos explosivos en condiciones normales de trabajo, desarrollado para Petróleos Mexicanos© (PEMEX), considerando la transmisión de parámetros de temperatura en sitio y sellado de caja antiexplosivos.

¹⁵ Supervisory Control and Data Acquisition (Sistema de control y adquisición de datos)

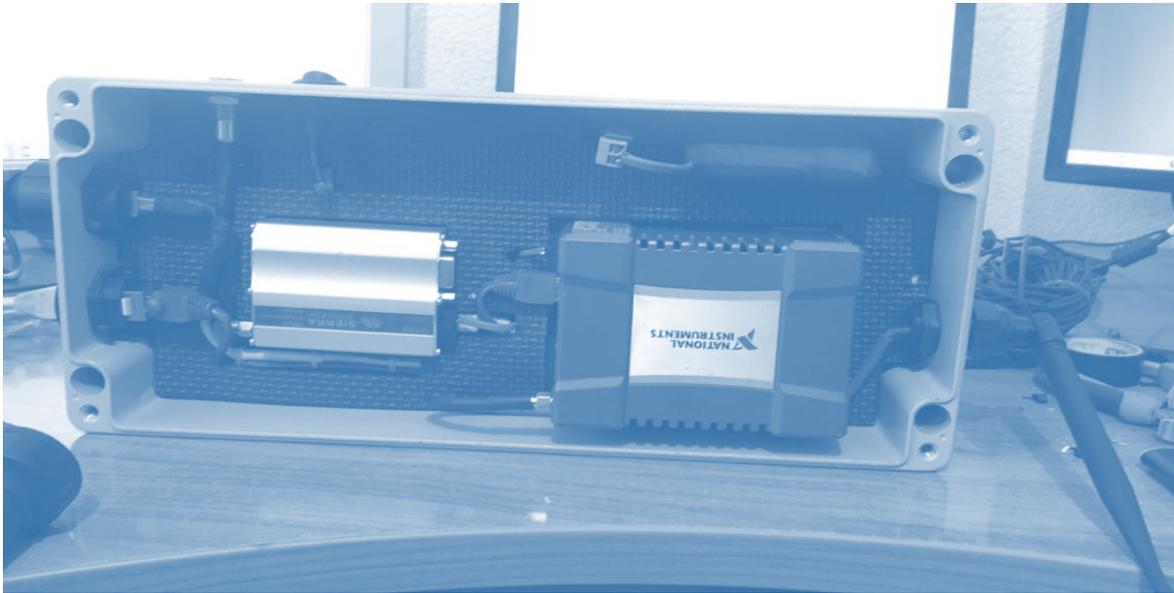


Figura 4.3.3 – Sistema de enlace remoto con protección para atmósferas explosivas.

En la **Tabla 4.3.1** se puede apreciar la caracterización de los segmentos de mercado considerando aspectos de uso descritos en la columna de beneficios percibidos, se destaca el nivel de personalización de las soluciones, la consideraciones de energización y la personalización de las soluciones.

Tabla 4.3.1 – Segmentos de mercado en adquisición de variables contra beneficios.

Segmento de Mercado	Beneficios percibidos	Principal motivo de compra
Monitoreo fijo	El costo de implementación contra cualquier otra alternativa es muy bajo en condiciones de monitoreo de elementos fijos, principalmente se centra en la adquisición de las variables físicas para enriquecer la toma de decisiones.	Costo Operativo y Tiempo de Implementación
Kits de pruebas	El desarrollo de kits de pruebas permite la portabilidad del equipo para la concentración de	Flexibilidad y Costo Operativo

	la información indistintamente que los equipos se encuentren geográficamente distribuidos. La portabilidad es un factor definitivo.	
Monitoreo industrial no invasivo	El monitoreo de procesos industriales sin depender de la normativa institucional, es una puesta en operación no invasiva que permite incrementar los canales de monitoreo de bajo costo de operación mensual.	Flexibilidad Operativa
Desarrollos especializados	El conjunto de soluciones se compone de instrumentación específica para la aplicación, el procesamiento es en sitio y la comunicación en equipos de radio.	Solucion a la medida.

Capítulo 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En el presente documento se muestra la generación de un sistema de gestión y monitoreo remoto para permitir el control y monitoreo de parámetros de ubicación, monitoreo de variables físicas, control de señales digitales a distancia, gestión de activos vehiculares, monitoreo de activos y adquisición de variables con la finalidad de generar competitividad en las industrias a través de la toma de decisiones, vigilancia de la seguridad e integridad.

5.1 Contenido generado

En Ballhausen Ingeniería© se generó hardware que permite la adecuación de muchos de los casos de uso considerando un conjunto de sensores comunicados por I²C, conjunto de señales analógicas y digitales optoacoplados además de adecuaciones para alimentación regulada a diferentes voltajes de alimentación, ver *Figura 5.1.1*.

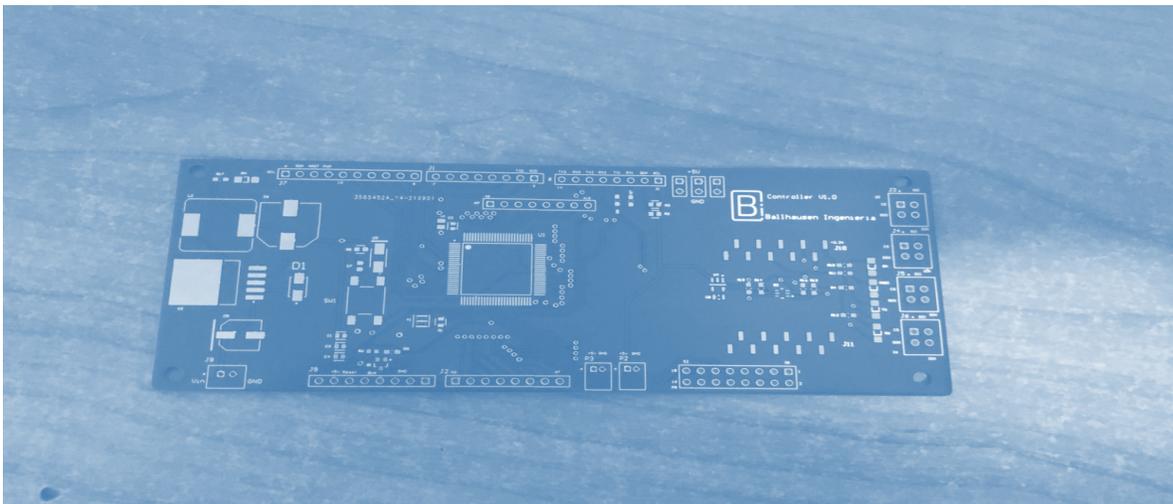


Figura 5.1.1 – Tarjeta electrónica de propósito general para comunicaciones de enlace remoto.

Se desarrolló un software ejecutable para sistema operativo Windows®, el cual cuenta con las siguientes funcionalidades:

- Gestión y alta de equipos con diferentes configuraciones.
- Vinculación con servidor para la visualización en tiempo real no crítico.
- Conjunto de librerías para desarrolladores en LabVIEW®.
- Generación de Reporte PDF automático.
- Visualización Latitud y Longitud.
- Consulta de Históricos.
- Hardware a la medida para cubrir un amplio espectro de los casos de uso.

5.2 Resumen de capacidades

Considerando la información del capítulo 4, podemos concluir lo siguiente:

El proveedor del servicio de telecomunicaciones tiene la capacidad de enviar un mensaje cada 4.13 segundos en promedio, se comprobó de manera práctica que un GPRS de la plataforma cuenta con la capacidad de recibir 21,436 mensajes en un día, esto es aproximadamente un mensaje cada (86,400segundos / 21,436 mensajes) 4.03 segundos comprobado de manera práctica como se ve en la **Figura 5.2.1**

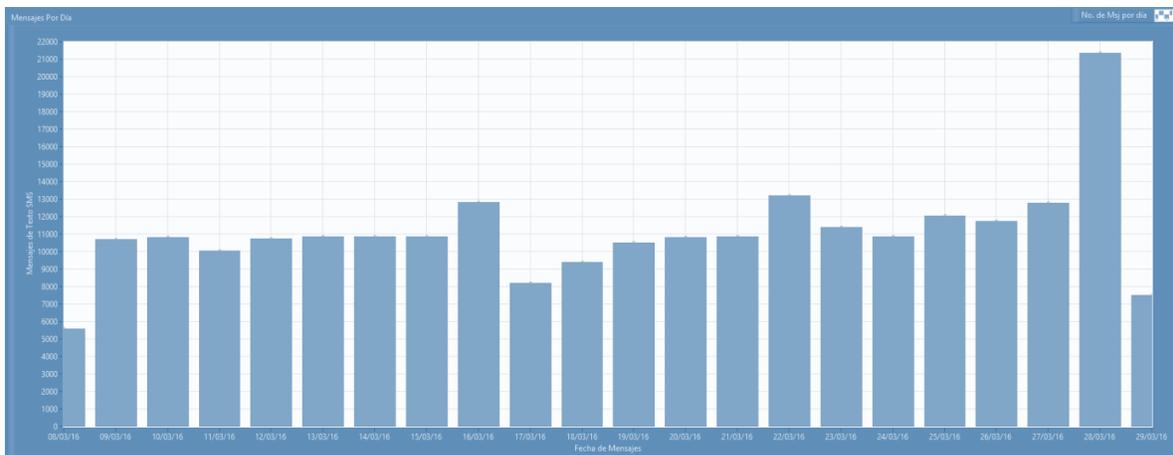


Figura 5.2.1 – Comprobación de periodo de envío de mensajes.

Considerando que un GPRS tiene la capacidad de recibir 21,500 (aproximado) mensajes al día la capacidad de la plataforma de rastreo se limita a los siguientes números mostrados en la **Tabla 5.2.1**.

Tabla 5.2.1 – Capacidad de la plataforma para operación de mensajes.

Intervalo de Tiempo de Rastreo [minutos]	Mensajes por día por GPRS rastreado*	No. de Vehículos rastreables por cada GPRS*
0.3	4320	5
1	1440	15
2	720	30
3	480	45
4	360	60
5	288	75
6	240	90
10	144	150

De acuerdo con los datos obtenidos de la prueba desarrollada, pudimos apreciar que el envío de mensajes del proveedor de servicios de telecomunicaciones es muy lento (4.03 – 4.13 segundos entre mensajes) y la forma de poder incrementar la capacidad de rastreo de la plataforma es mediante el incremento de GPRS's instalados.

**La forma en que se obtienen los mensajes al día por GPRS es como sigue, considerando que un día tiene 86,400 segundos o 1440 minutos, dividimos los segundos o minutos según corresponda entre el intervalo de rastreo de cada equipo y obtenemos el número de mensajes requeridos por cada unidad de rastreo para su intervalo, posteriormente dividimos el número de mensajes real (21,500 Redondeado) entre los mensajes requeridos por cada unidad de rastreo, este cálculo nos da el No. de Vehículos admitidos por GPRS.*

Considerando que el problema radica principalmente en el tiempo de arribo de los mensajes del proveedor de la compañía de telecomunicaciones podemos incrementar la capacidad de recepción de mensajes mediante la recepción de datos en múltiples GPRS's en la plataforma mostrado en la **Tabla 5.2.2**

Tabla 5.2.2 – Incremento de los equipos dedicados a la comunicación por servidor.

Intervalo de Rastreo [minutos]	Mensajes por día por GPRS	GPRS 1 [Vehículos]	GPRS 2 [Vehículos]	GPRS 3 [Vehículos]
0.3	4320	5	10	15
1	1440	15	30	45
2	720	30	60	90
3	480	45	90	135
4	360	60	120	180
5	288	75	150	300
6	240	90	180	270
10	144	150	300	450

Como propuesta podemos utilizar el GPRS de envío para recibir mensajes de los vehículos, así contaríamos con 2 GPRS y alcanzaríamos de manera próxima la capacidad de rastreo indicada a continuación en **Tabla 5.2.3**.

Tabla 5.2.3 – Tiempo de rastreo contra la capacidad de vehículos rastreados.

Intervalo de Rastreo [minutos]	Mensajes por día por GPRS	2 GPRS [vehículos]
0.3	4320	10
1	1440	30
2	720	60
3	480	90
4	360	120
5	288	150
6	240	180
10	144	300

Los cálculos realizados son basados en valores obtenidos de la prueba de rastreo de 29 equipos GPRS a 20 Segundos. En dicha prueba tuvimos una tasa de pérdida de mensajes del 68% en los equipos de rastreo y tuvimos un tiempo medio de actualización de posición por GPRS de 137 segundos (2 min 17 segundos), en lugar de los 20 segundos esperados. Tuvimos una pérdida aproximada de 73,875 mensajes, de un total esperado de 109,260 solo recibimos 35,385 un 32%, impactando el desempeño esperado de la plataforma, la cual es resuelta incrementando la distribución de carga por equipo GPRS, beneficiando el volumen esperado.

El porcentaje de utilización del GPRS de envío en términos de mensajes recibidos es muy bajo, 16 mensajes de 21,500 mensajes posibles al día, una tasa de recepción 0.074%, el 99.9% del tiempo está esperando sin realizar ninguna acción, por lo que se presenta como una alternativa viable para el incremento de elementos de procesamiento por unidad de prueba.

Acciones

De acuerdo con el análisis realizado se deberán de implementar las siguientes acciones de mejora en el software y en los esquemas operativos.

- Debido a la forma que recargamos saldo cada auto está consumiendo en promedio \$70.20 pesos al mes, si recargáramos saldo directo en Telcel u OXXO podríamos disminuir este costo a \$20.00 pesos mensuales por auto.
- El costo de los Mensajes que envía la plataforma a los usuarios, operadores y equipos, los podríamos mitigar mediante la contratación de planes SMS gratis y tendríamos un costo fijo mensual de operación.
- Deberíamos dar de alta el amigo gratis SMS de cada chip que instalamos en los GPRS con al menos 3 días antes para evitar la doble recarga al momento de instalar.
- La plataforma de rastreo no deberá de pasar saldo salvo en condiciones excepcionales.
- Al momento de activar el audio, debemos de controlar la administración de los usuarios y no permitir que el GPRS del auto se comunique directamente con el teléfono móvil del cliente, ya que esto genera un consumo de saldo adicional en los GPRS de los vehículos.

- Se deberá de admitir la recepción de mensajes de ubicación en el GPRS de envío para incrementar la capacidad de rastreo de la plataforma.
- Se deben desarrollar rutinas para monitorear el envío de mensajes, así podremos determinar el tiempo de uso del GPRS en envío de mensajes y cuantificar los costos asociados a cada cliente por efectos del envío de mensajes.
- Debemos de asentar en una tabla la información detallada sobre las recargas realizadas a los GPRS con la finalidad de poder determinar con más certeza el monto de recarga mensual y las variables asociadas a su consumo.

5.3 Conclusiones

Se establece que los procesos de comunicación y enlace remoto son un conjunto de elementos que permiten generar competitividad en diferentes sectores industriales, que es deseable contar con adecuaciones personalizadas para diferenciar la oferta en los diferentes segmentos, que el volumen de aplicaciones es rentable y que de acuerdo con las tendencias económicas y el impacto proyectado para la incursión con redes 5G (Lainez, 2020) es un mercado que se encuentra en auge con la proyección de crecimiento para el año 2030 (UNCTAD, 2017), los aspectos relacionados con procesos de minería de datos, *big data* y afines se benefician ampliamente de la recolección de información, hoy existen un conjunto fuerte de empresas que están interesadas en la adquisición de información de campo.

También es importante recalcar la necesidad de incursionar en el desarrollo tecnológico que permita insertar competitividad de manera nacional, cortar dependencias tecnológicas que generan sobrecostos operativos y restan competitividad, generar herramientas que permitan robustecer las cadenas de valor y la interconexión entre las cadenas de suministro y en el caso de las fuerzas armadas establecer soberanía en los rubros estratégicos del país, ponderando los aspectos comerciales para buscar la rentabilidad y autonomía de los proyectos.

Existen muchos entornos de validación aún pendientes pero las alternativas desarrolladas deben de permitir sentar un precedente para crecer sobre el rubro de los sistemas de monitoreo y gestión remotos.

GLOSARIO

5

5G: Estandarización de la quinta generación para las redes celulares, siempre caracterizada por el incremento del ancho de banda y el incremento de la capacidad de transmisión., 7

E

Equipo principal de adquisición: Hace referencia al sistema principal donde los equipos remotos concentrara las variables y monitorearan los parámetros del sistema. Su principal funcion es concentrar la informacion, agrupar y desplegar la información para que ésta sea visible al usuario final., 11;
Sistema electrónico encargado de revisar la definición de los datos de procesamiento., 11

G

GPRS: General Packet Radio Service, 9, 29

I

Interfaz de Usuario: Elemento de interacción con usuarios humanos, ya sean interfaces digitales, físicas,

luminicas o alguna otra descrita en el software engineering institute., 11

R

RMM: Remote Monitoring and Management Software - Sistema de Gestion y Monitoreo de Software, 10

S

SIM: Subscriber Identification Module. Tarjeta SIM para enlace telefonico de uso general., 17

Sistema de enlace a distancia: Comunicaciones entre dos o más equipos donde éstos se encuentran separados físicamente y son comunicados inalámbricamente o alámbricamente entre infraestructuras de comunicación, 10

Sistema remoto: Equipo de hardware que cuenta con un sistema de comunicación y adicionalmente cuenta también con sensores y/o actuadores ya sean físicos y digitales., 11

SMS: Short Message Services - Sistema de Mensajería provista por los proveedores de servicios de telefonía., 16

T

TI: Tecnologías de la Información, 10

BIBLIOGRAFÍA

1. Foro Consultivo Científico y Tecnológico A.C. (FCCyT) (Octubre, 2018), Servicios Basados en Conocimiento (SBC) para impulsar la competitividad y productividad en la economía mexicana. FCCyT.
2. Moore J., (23 de febrero de 2023) *RMM Software (remote monitoring and management software)*, <https://www.techtarget.com/searchitchannel/definition/RMM-software-remote-monitoring-and-management-software>.
3. Lainez Izaguirre, C. , Schmidt Oropeza, K. (Octubre 2020), Visión y Prospectiva de la Comunicación 5G, Instituto Federal de Telecomunicaciones
4. *Software Engineering Process Management Program, 2010. CMMI for Development, Version 1.3. Massachusetts: Carnegie Mellon University, p. 59.*
5. Tapia, J. M. Introducción al análisis de datos multivariantes. Barinas, Venezuela: Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. Colección Docencia Universitaria, 2007.
6. Singer, S. Herrington, M. y Menipaz, E.(2018). *Global Report 2017/18.*
7. Bosma, N., Hill, S., Ionescu-Somers, A., Kelley, D., Levie, J., y Tarava, A. (2019). *Global Report 2018/19.*
8. OECD (2013), *Main Science and Technology Indicators (MSTI) 2012/2, Paris: Organization for Economic Co-operation and Development.*
9. (UNCTAD) 2017 (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo), Informe sobre el comercio y el desarrollo. Panorama General. Un New Deal mundial como alternativa a la austeridad, Nueva York y Ginebra.

10. Schroeder, Wolfgang (2015), La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización, Friedrich-Ebert-Stiftung

11. OECD (2015), The future of productivity: main background papers frontier firms, technology diffusion and public policy: micro evidence from OECD countries, por Dan Andrews, Chiara Criscuolo y Peter N. Gal.

12. López, Andrés, Niembro, Andrés y Ramos Daniela (2014), La competitividad de América Latina en el comercio de servicios basados en el conocimiento, Revista de la CEPAL número 113, agosto, Santiago.

13. Osterwalder, A., Pigneur Y., Bernarda G., Smith A. (2015), Diseñando la propuesta de Valor, John Wiley & Sons Inc.

14. Bárcena, A. y J. Samaniego (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: retos y oportunidades para el desarrollo, ECLAC Books, No. 160 (LC/PUB.2019/23-P). Santiago, *Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), forthcoming.*