



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ingeniería Vial

**ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SEGUIMIENTO
Y CONTROL DE PROYECTO VIAL, EN TIEMPO REAL**

Ing. Efraín Antonio de León Mendoza
Asesorado por el MSc. Gabriel Dario Berditchevsky

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SEGUIMIENTO
Y CONTROL DE PROYECTO VIAL, EN TIEMPO REAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. EFRAÍN ANTONIO DE LEÓN MENDOZA
ASESORADO POR EL MSC. GABRIEL DARIO BERDITCHEVSKY

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES DE INGENIERÍA VIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

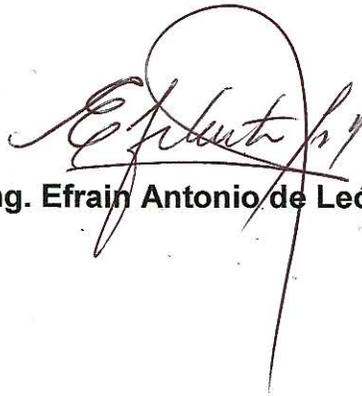
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	MSc. Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	MSc. Ing. Francisco Guillermo Vela Morales
EXAMINADORA	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTO VIAL, EN TIEMPO REAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 20 de marzo de 2013.



Ing. Efraín Antonio de León Mendoza



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
De Postgrado
Teléfono 2418-9142

Como Coordinador de la Maestría en Ingeniería Vial, y revisor del trabajo de graduación titulado **“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTO VIAL, EN TIEMPO REAL”**, presentado por el Ingeniero Civil **Efraín Antonio de León Mendoza**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MSc. Ing. Armando Fuentes Roca
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, septiembre de 2013.

Cc: archivo
/la

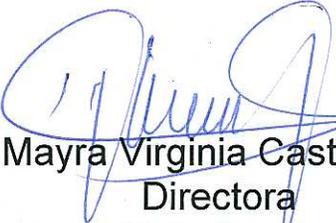


Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
De Postgrado
Teléfono 2418-9142

000720

Como Revisor de la Maestría en Gestión Industrial del trabajo de graduación titulado **“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTO VIAL, EN TIEMPO REAL”**. Presentado por el Ingeniero Civil **Efraín Antonio de León Mendoza**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, septiembre de 2013.

Cc: archivo
/la



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
De Postgrado
Teléfono 2418-9142

000720

La Directora de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTO VIAL, EN TIEMPO REAL”** presentado por el Ingeniero Civil **Efraín Antonio de León Mendoza**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, septiembre de 2013.

Cc: archivo
/la



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de graduación de la Maestría en Ingeniería Vial titulado: **“ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESO DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE PROYECTO VIAL, EN TIEMPO REAL”**, presentado por el Ingeniero Civil **Efraín Antonio de León Mendoza**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, septiembre de 2013.

ACTO QUE DEDICO A:

- | | |
|---------------------------------|--|
| A mi esposa | Liliam, Por ser la compañera y amiga solidaria por su bondad y cariño. |
| Mis hijos y sus familias | Por ser hombres justos y honestos y porque en su hogar trasciende el amor. |
| A mis nietas | Por ser la esencia del amor, y por el cariño y nobleza que generan. |
| Mis amigos | A las personas que me han apoyado en los momentos difíciles y a los que me han dado el apoyo para continuar avanzando. |

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Gabriel Berditchevsky Por su constante apoyo.

Personal de Gisystems Por su colaboración.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Definición del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales	7
1.2. Forma tradicional del monitoreo y seguimiento de proyectos.....	8
1.2.1. Método de recolección (captura), reporte y almacenamiento de datos de manera tradicional	9
1.3. Propuesta del uso de un mecanismo de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real	12
2. PROCESO DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE PROYECTOS VIALES EN TIEMPO REAL.....	21
2.1. Definición del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real.....	21
2.2. Método de recolección de datos (captura), sistemas de procesamiento de datos (hardware y software)	27
2.3. Formas de presentación de resultados del monitoreo y seguimiento en tiempo real.....	38
2.4. Beneficios de la aplicación del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real	44

3.	MODELO DE APLICACIÓN Y USO DEL PROCESO DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE PROYECTOS VIALES EN TIEMPO REAL.....	47
3.1.	Módulo de monitoreo y seguimiento de proyectos.....	48
3.2.	Módulo de control de calidad en el seguimiento de proyectos	51
3.3.	Módulo de control de ejecución.....	51
3.4.	Módulo del aseguramiento de calidad	54
4.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS.....	73
4.1.	Descripción de métodos.....	73
4.1.1.	Descripción del método tradicional	73
4.1.2.	Descripción de un caso práctico de aplicación del seguimiento y monitoreo de proyecto en tiempo real.....	79
4.1.2.1.	Definición de área geográfica del proyecto a monitorear	79
4.1.2.2.	Principales indicadores socioeconómicos de la Franja Transversal del Norte	80
4.1.3.	Tramo a monitorear en tiempo real.....	86
4.1.4.	Aplicación del monitoreo en tiempo real	89
4.2.	Comparación de resultados de la aplicación del método tradicional y la metodología en tiempo real	104
4.2.1.	Detalle de los resultados aplicando el método tradicional	104
4.2.2.	Detalle de los resultados aplicando el sistema en tiempo real.....	106

4.2.3.	Comparación de resultados obtenidos aplicando los dos métodos de captura de información en el proyecto: Tramo 3 de la Franja Transversal del Norte.....	108
4.2.4.	Resultado de la comparación de ventajas y desventajas entre aplicar recolección en tiempo real y método tradicional	113
4.2.5.	Análisis de la comparación de resultados	114
4.2.6.	Ventajas de la aplicación del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real	115
CONCLUSIONES		119
RECOMENDACIONES.....		121
BIBLIOGRAFÍA.....		123
ANEXOS		129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema del tipo de supervisión y manejo de la información por la SCT	33
2.	La información la complementan con uso de cámara fotográfica y GPS manual.....	34
3.	Proceso de captura de datos SCT	39
4.	Formulario que usan para la captura de datos SCT	40
5.	Resultados del reporte de obra STC	41
6.	Control de avances	42
7.	Formato de fotografías SCT	43
8.	Algunos modelos de equipo a usar	49
9.	Tipo de reporte de avance de obras	50
10.	Pantallas utilizadas para registrar los datos ejecutados en obra	52
11.	Registro de cantidades de trabajo	53
12.	Registro en tiempo real de pruebas de laboratorio	55
13.	Registro de ubicación de las pruebas de laboratorio	56
14.	Registro de resultados de laboratorio y gráficas	57
15.	Registro de resultados de ensayos en laboratorio	58
16.	Registro general de resultados de ensayos en laboratorio	60
17.	Boleta de informe diario de actividades	76
18.	Boleta de informe de resultados de laboratorio	77
19.	Boleta de informe de colocación de mezcla	78
20.	Ubicación del proyecto	91
21.	Generalidades y avances del proyecto.....	92

22.	Formato de comentarios generales	93
23.	Carpeta con los comentarios generales.....	94
24.	Carpeta con los comentarios de campo.....	95
25.	Carpeta con los comentarios del supervisor	96
26.	Cuadro con avances por renglón.....	97
27.	Carpeta con documentos adjuntos	98
28.	Descripción de las fotografías subidas al sistema.....	99
29.	Descripción de la fotografías subidas al sistema: armado de la losa del Puente Cantabal	100
30.	Control de tensado de torones en el Puente Cantabal.....	102
31.	Ensayo de laboratorio: resistencia a la compresión del concreto utilizado en los pilotes.....	103
32.	Comparación de ventajas y desventajas de captura de información..	114

TABLAS

I.	Frecuencia mínima de muestreo y ensayos de laboratorio	61
II.	Matriz de comparación de ventajas y desventajas entre el uso del método tradicional y el método en tiempo real para el monitoreo de proyectos viales.....	109
III.	Resultado de comparar ventajas y desventajas entre métodos	113

GLOSARIO

CIV	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala.
Delegado residente	El representante debidamente autorizado por la DGC, en la que delega la responsabilidad de la Supervisión de los trabajos de construcción en la carretera.
DGC	Dirección General de Caminos.
División de Supervisión de Construcciones, DGC	Unidad Administrativa de supervisión de proyectos, dependencia de la DGC.
Especificaciones	El vocablo general aplicado a todas las normativas, disposiciones y requisitos relativos a la ejecución de la obra.
Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes	Manual con las especificaciones para la construcción de carreteras, aprobadas por la DGC. También se le conoce como Libro Azul.

GPS

Sistema global de navegación que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros.

Hardware

Conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora, Se refiere a todas las partes tangibles de un sistema informático; sus componentes son: electrónicos, electromecánicos y mecánicos.

PCI

Índice de Condición del Pavimento, evalúa y califica de manera objetiva el estado de los pavimentos en función de la clase de daño, severidad y cantidad de daños. Varía desde cero (0) para un pavimento fallado hasta 100 para un pavimento en perfecto estado.

SI

Sistema de Información Conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos, organizados, listos para su uso posterior, generados para cubrir una necesidad u objetivo.

SICOP	Sistema Integral de Control de Proyectos, es el sistema de información, propiedad de la Unidad de Conservación Vial de Guatemala.
SICSEPROVI	Sistema de control y seguimiento de proyectos en tiempo real.
SIG	Sistema de Información Geográfica, sistema de programas para computadoras, que permite analizar la información ligada a una localización espacial determinada.
SIGEP	Sistema de Información de Proyectos, propiedad de la Dirección General de Caminos de Guatemala.
Sistema de control de calidad	Sistema de control similar al usado en las industrias, el cual debe contar con su propio laboratorio de suelos y pavimentos.
Software	Equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a

los componentes físicos, que son llamados hardware.

Tiempo real

Tiempo de procesamiento al recibir un dato en el menor tiempo posible; requiere que las operaciones se realicen correctamente, en el momento y con la duración adecuada.

Web

Sistema de distribución de información basado en hipertextos enlazados y accesibles a través de internet

RESUMEN

En Guatemala son pocas las instituciones que cuentan con los equipos adecuados para su implementación; razón por la cual este documento pretende demostrar los beneficios que pueden obtener las instituciones dedicadas a la construcción y supervisión de obras viales con la aplicación de esta tecnología.

El objetivo del estudio es determinar que la implementación del proceso de seguimiento y control de los proyectos viales en tiempo real, presenta ventajas y facilita la toma de decisiones, la programación de obras, ejecución pronta de las correcciones que sean necesarias y detectar cualquier error que se hubiese escapado en el proceso constructivo y ordenar la corrección de inmediato.

Dada la versatilidad de la tecnología, esta se puede aplicar en los diferentes tipos de carreteras y adecuarse a las especificaciones requeridas. El éxito de la aplicación, está en su capacidad de adecuación, a las necesidades.

Se tiene el deseo, que el conocimiento de esta tecnología facilite y mejore el uso de la calidad de la información obtenida con ella, para beneficio de la ingeniería vial en Guatemala.

El objetivo presentar las características y cualidades de la aplicación del Sistema de Control y Seguimiento de Proyectos Viales, SICSEPROVI, y comparar los beneficios de su aplicación en Guatemala, usando como muestra el monitoreo y seguimiento de las obras ejecutadas en el proyecto de ampliación y pavimentación, denominado: Franja Transversal del Norte, - FTN -,

en el tramo III, que da inicio en la aldea Playa Grande, desde el final del puente sobre el río Chixoy, en el kilómetro 515+100, hasta la bifurcación llamada Tres Ríos, localizada en kilómetro 580+000 de la carretera.

Se compararán los procesos del monitoreo de las obras viales, entre la forma tradicional y el monitoreo en tiempo real, y las diferencias entre el tiempo de acceso a la información y la veracidad de los resultados.

El estudio se desarrollará en 4 capítulos, los cuales tratan la siguiente temática:

El capítulo 1: se da una breve introducción a la ingeniería vial y la metodología de la supervisión de proyectos por parte la División de Supervisión de Construcciones, de la DGC.

El capítulo 2: se describen algunos estudios similares que se han desarrollado y los conceptos en que se fundamenta el procedimiento objeto de la investigación. Se define el proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales, la metodología usada tradicionalmente y la propuesta del monitoreo y seguimiento en tiempo real.

El capítulo 3: define el proceso de Seguimiento y Monitoreo de Proyecto Viales en Tiempo Real, el cual es el objeto de estudio de esta investigación.

El capítulo 4: presenta la investigación metodológica que compara las ventajas y desventajas del seguimiento y monitoreo de proyectos viales, entre la forma tradicional comparándola con la aplicación del monitoreo en tiempo real y se analizan los resultados.

OBJETIVOS

General

Determinar, implementar y proponer que el proceso de seguimiento y control de proyectos viales, en tiempo real, es más efectivo que el uso de sistemas tradicionales.

Específicos

1. Elaborar un estudio comparativo que defina las diferencias entre el método tradicional de recolección de información y monitoreo de carreteras, con el método de recolección de información en tiempo real.
2. Implementar y describir un procedimiento que sistematice la recolección de datos y que permita almacenar y acceder a ellos, en tiempo real con interfaz amigable.
3. Definir los beneficios de la aplicación del monitoreo de proyectos viales en tiempo real.
4. Diseñar un manual de operación del sistema.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La planificación y construcción de proyectos viales, requiere de la aplicación de estudios multidisciplinarios y sistematizados, los cuales deben estar sujetos a controles y es necesario darles el seguimiento en las diferentes actividades que se realizan durante el diseño, la construcción y la supervisión de los proyectos viales.

Para el control y seguimiento, se requiere recolectar, sistematizar y almacenar una gran cantidad de datos que son utilizados para conocer con certeza los parámetros que deben aplicarse; así como los requerimientos propios del sector donde se proyectará la obra vial, las condiciones actuales y las condiciones que se pretenden mejorar para lograr un adecuado nivel de servicio, durante y después de la ejecución de las obras.

En el proceso de planificación de las carreteras y para el control de la ejecución de las mismas, un problema fundamental es conocer el estado actual de las inversiones realizadas. Esto implica la optimización de la información para reducir costos y obtener la sostenibilidad de la inversión. Se requiere comparar la ejecución real contra los costos invertidos.

En la planificación y ejecución de proyectos viales, se requiere de una herramienta que sea fácil de utilizar y que provea datos reales y actualizados.

Para determinar las características de la herramienta a utilizar se plantean las siguientes preguntas:

¿Qué información es más fidedigna, la recolectada y sistematizada en tiempo real o la recolectada con metodología tradicional utilizando cuestionarios en papel y almacenados en archivos convencionales?

¿Cuáles son las diferencias entre el método tradicional de datos y el método sistematizado de datos en tiempo real?

¿Cuál de las dos metodologías podrá utilizarse desde cualquier punto de la República y obtener información fidedigna, en el menor tiempo?

¿Qué opción permite reducir los elevados costos de la recolección de datos y que esta sea eficiente, que dé respuestas en corto plazo y que la información sea fidedigna e incorruptible?

¿Cómo implementar un sistema de recolección, almacenamiento y manejo de datos para que sea amigable para el usuario?

¿Qué se requiere para implementar un proceso que sistematice con una velocidad de respuesta inmediata: la recolección, el almacenamiento y el fácil acceso a la información?

¿Cuáles son los beneficios de aplicar el monitoreo de proyectos viales en tiempo real?

Considerando que Guatemala es propensa a los desastres naturales, es necesario contar con un proceso que permita conocer con inmediatez la magnitud de los daños en las carreteras y reducir el tiempo de respuesta de las acciones que permitan mantener la transitabilidad en los tramos de la red vial afectada.

¿Cuál de los dos métodos de recolección de información permite responder con precisión, en el menor tiempo posible?

Estas son las preguntas a responder mediante el desarrollo de este trabajo de tesis con el estudio de la implementación de un proceso de

seguimiento y control en tiempo real, en las obras viales. El desarrollo de este trabajo responde a las interrogantes planteadas.

Alcances del trabajo de tesis

1. Implementar un sistema de procesamiento de datos que utilice la tecnología informática, como una herramienta que permita a los funcionarios de los proyectos viales, un acceso a la información de sus proyectos de manera inmediata, objetiva y fidedigna.
2. Proporcionar los elementos que permitan tomar la mejor decisión técnica de ingeniería, que coadyuve a resolver de manera eficiente e inmediata la solución de los problemas que acontecen en los proyectos viales, luego de observar visualmente lo que sucede en el campo.
3. Que el usuario pueda determinar la magnitud del problema, al observarlo a distancia y le permita tomar la decisión técnica y económica más adecuada.

Limitaciones del Proceso de Información en tiempo real

1. Conocer y manejar la tecnología informática requerida.
2. Disponer de una red satelital para el envío de la información.
3. Disponer del equipo de procesamiento de datos y el software y hardware adecuado.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL ENFOQUE METODOLÓGICO

Para desarrollar un estudio de ventajas y desventajas en el proceso de recolección de información de proyectos viales, se analizó el procedimiento tradicional de recolección de datos en el cual se llenan con lápiz, los clásicos formularios en hojas de papel, comparándolo con la aplicación de tecnología informática de captura de datos en tiempo real.

La comparación se realizó mediante la aplicación de investigación cuantitativa. Tomando como variables independientes el tiempo empleado en la recolección de datos y el tiempo empleado en el procesamiento de los resultados.

La comparación tomó en consideración la aplicación del método estadístico de investigación cualitativa, al comparar el grado de certeza en la veracidad de los resultados. Se comparó el resultado de recolectar la información en forma manual con hojas de papel y lápiz, comparándolo con la seguridad de la recolección de la información en tiempo real mediante el uso de sistemas informáticos.

Las técnicas de investigación de la información, fueron realizadas por medio de la consulta de la literatura existente a la que se tuvo acceso.

Se trabajó en la revisión del estado del arte de los procesos de recolección de información en proyectos viales y se trabajó en el análisis documental, revisando e investigando lo escrito en documentos y literatura actualizada,

tanto en revistas científicas, como en la información existente en bibliotecas virtuales a las que se tuvo acceso por medio del internet.

El estudio comparativo se realizó en el proyecto vial denominado, construcción de la carretera Franja Transversal del Norte, tramo III, ubicado en la República de Guatemala, en los departamentos de Quiché y Huehuetenango, el cual da inicio en la aldea Playa Grande, desde el Final del Puente sobre el río Chixoy, en el kilómetro 515+100, hasta la bifurcación llamada Tres Ríos, localizada en kilómetro 580+000 de dicha carretera.

El resultado de la comparación de resultados se presenta en forma tabular, para facilitar la comparación de las diferencias.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería vial dentro de sus múltiples aplicaciones tiene el quehacer de la planificación de las obras viales y como parte de ese proceso, se ocupa entre otras actividades, del seguimiento y monitoreo de la construcción de los proyectos y su posterior mantenimiento de acuerdo a los estándares que se hayan propuesto.

El seguimiento de la ejecución de proyectos viales, de acuerdo a su etimología consiste en seguir y observar los adelantos de la obra.

Por muchos años, en las obras viales no se le ha dado la importancia que tiene la recolección y almacenamiento de datos de eventos que ocurren en los proyectos; dado que no es una actividad de pago importante dentro de la construcción de las carreteras.

Sin embargo, para la planificación y programación en las redes viales, se ha convertido de vital importancia. Esto ha motivado la necesidad de aplicar procedimientos de almacenamiento de datos que permitan hacer mejores proyecciones y planificación de las obras. Estos se deben apoyar en los controles de calidad que les permitan mejorar la toma de decisiones frente a los problemas que surgen durante el proceso de ejecución.

Es necesario comparar los resultados de los estudios de laboratorio y ensayos técnicos en los proyectos; antes, durante la construcción y su comportamiento después de varios años de uso, entre otras acciones.

Sobre el tema de los procedimientos de recolección de datos para ser usados en el seguimiento de proyectos viales, no se tiene mucha literatura en Guatemala. Las pocas instituciones que se dedican al tema vial, han generado pequeños manuales que describen lo que se llama el procedimiento tradicional, en este documento se propone como opción de ayuda a los planificadores viales, una sistematización de la información.

En la actualidad, las instituciones viales en Guatemala no cuentan con archivos útiles, que tengan clasificados la gran cantidad de datos que diariamente se recolectan en los proyectos y se almacenan en desorden y sin clasificación; por lo que se desperdicia diariamente gran cantidad de recursos que podrían ser valiosos a los ingenieros.

Para poder cumplir con las tareas de seguimiento, entre otras actividades, es necesario visitar la obra de manera programada, supervisar la calidad de los trabajos, verificar el estado de avance de cada una de las tareas; llenar los formularios aprobados para el efecto, que permitan llevar un registro del avance de la obra; tomar fotografías que correspondan a la ejecución, identificando el día y la ubicación geoposicionada. La captura de toda esta información genera un gran volumen de datos que requieren ser archivados y procesados para que sean de utilidad en la tarea de seguimiento.

La eficacia de la supervisión se evalúa, muchas veces, en función de la celeridad con que se presentan los resultados y los informes de avance.

Tradicionalmente el monitoreo de los trabajos se ejecuta llenando manualmente una gran cantidad de cuadros en el campo y posteriormente éstos se transcriben a formatos para su presentación y archivo. Este procedimiento resulta engorroso y es proclive a que se comentan errores de

transcripción, o que se olvide parte de la información y en el peor de los casos se pierdan por descuido.

En este documento se presenta una metodología de monitoreo de las obras ejecutadas en las carreteras, con lo cual se pueda obtener en corto tiempo, el avance de la obra y permita verificar la calidad de los procesos que se están ejecutando. Se apoya en la tecnología de procesamiento de datos computarizados y enviados vía internet, los cuales permiten almacenar la información de los avances de producción de cada uno de los frentes de trabajo, incluyendo la obra producida diariamente y los volúmenes consolidados por renglones de trabajo, de la obra ejecutada. Con ello se logra, contar con la información en tiempo real.

Esta metodología permite a los directores de la obra, evaluar en forma permanente el cumplimiento del programa de avance de obras y les permite programar sus inversiones con base de un avance más realista.

En el campo se le facilita al inspector de obra, la recolección de datos, mismos que se documentan mediante la transmisión de fotografías, vía internet a un servidor central, donde se graban las imágenes de las obras que se están ejecutando. Los registros están georeferenciados con la hora en que se obtuvo la información y las coordenadas geográficas para presentarlo en planos virtuales, mediante la aplicación del posicionamiento satelital. Este procedimiento permite imprimir reportes, planos y la información que se requiera en hojas a diferentes tamaños.

La sistematización de la información permite visualizar el avance de las obras mediante videos y fotografías que muestran según la fecha, las obras que se ejecutaron, con sus correspondientes comentarios técnicos.

La tecnología del procesamiento de información en tiempo real, es novedosa; por la facilidad de adquirir los equipos que para ello se requieren.

1. ANTECEDENTES

Actualmente, en Guatemala, la entidad rectora del desarrollo de la infraestructura y fomento de la misma, es el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda –CIV-y éste, ha designado a la Dirección General de Caminos –DGC-, como la rectora de la ejecución de obras viales.

La ingeniería vial en Guatemala ha venido evolucionando a través del ingreso de nuevos sistemas y métodos de automatización, control y medición como parte del desarrollo tecnológico mundial.

Sin embargo, la base donde giran los procesos y métodos de los proyectos de carreteras en Guatemala es el compendio de especificaciones llamado “Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes”¹, el cual da los lineamientos y normas que debe cumplir cualquier proyecto vial, en Guatemala. En dicho documento se describen los requerimientos de un proyecto vial, el sistema de control de calidad del contratista y de la supervisión, así como también, las especificaciones que deben cumplirse en los renglones de trabajo contratados.

Los proyectos viales generados por entidades distintas a la DGC, también deben cumplir con las especificaciones antes indicadas, para que sus proyectos puedan ser reconocidos dentro de la red vial de Guatemala.

¹ Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes (Libro Azul). Guatemala, 2010.

A la Dirección General de Caminos, DGC, se le ha designado la competencia de la planificación, control, seguimiento y coordinación de las obras viales que contrata el CIV.

La unidad supervisora de la ejecución de los proyectos viales es la División de Supervisión de Construcciones, de la DGC. Esta unidad cuenta con un Manual de Funciones², en el cual se indica que los objetivos de la División de Supervisión de Construcciones son:

- “Velar por que los proyectos que ejecuta la Dirección General de Caminos estén apegados a las especificaciones técnicas previamente aprobadas.”
- “Velar por que la ejecución de los proyectos cumpla con las disposiciones legales vigentes en el país en materia de construcción de carreteras.”

Las funciones básicas de la División de Supervisión de Construcciones son varias, pero para el objetivo de este estudio es importante de citar las siguientes:

- “Llevar el control de las diferentes unidades supervisoras, manteniendo un control sobre las diferentes actividades que éstas ejecutan y verificar el cumplimiento de las condiciones contractuales pactadas en cada caso”.
- “Efectuar el seguimiento sobre el avance de los proyectos, mediante el análisis de los avances físicos reportados por las unidades supervisoras.”

² Dirección General de Caminos, División Administrativa. Manual de funciones división de supervisión de construcciones. Guatemala, 2007.

- “Llevar los controles de calidad de todos los proyectos que esté llevando a cabo la Dirección General de Caminos...”
- “Efectuar visitas a proyectos para verificar el tipo de trabajo ejecutado y los diferentes controles que lleva la unidad supervisora, a efecto de mejorar la calidad de los trabajos.”

En el organigrama de la División de Supervisión de Construcciones, la secretaria ejecutiva, es la encargada de llevar el control del Archivo de Documentos y el Encargado del Control y Seguimiento de Proyectos coordina el Registro de Documentos. En el organigrama no se indica que se cuente con una entidad de procesamiento de datos, ni que se cuente con archivos digitales que faciliten el proceso de seguimiento y control de proyectos. Este procedimiento de recolección de información, es lo que se considera como la forma tradicional, ya que no utiliza herramientas de la tecnología avanzada de computación.

En las Especificaciones Generales de la DGC, se requiere de la contratación de una empresa contratista encargada de construir las obras viales y de una empresa supervisora, encargada de velar porque se cumpla con la normativa técnica existente, así como con las especificaciones especiales definidas para la obra. Además se debe verificar, mediante controles específicos, la calidad requerida para la obra.

Al ingeniero designado como jefe de la Supervisión se le llama Delegado Residente³ y al personal de campo que realiza los trabajos de inspección y verificación permanente de la calidad de las obras, en el campo, se les designa como Inspectores de la Supervisión. Los Inspectores deben notificar por escrito

³ Especificaciones Generales de la DGC, Delegado Residente, p 105-1.

al Delegado Residente, cualquier observación o falla que observen en los trabajos que se están ejecutando, así como cualquier problema que detecten en la calidad de los materiales o modificaciones a los planos y/o especificaciones. El Delegado Residente podrá emitir la orden de suspensión del trabajo, el rechazo de la obra ejecutada y en último caso suspender temporalmente el trabajo, previa consulta con el Director de la Obra; hasta lograr la corrección de los trabajos.

Lo anterior indica la importancia de contar con la información fidedigna y confiable, que proviene directamente del campo de trabajo.

La empresa supervisora debe informar periódicamente a la entidad contratante, el avance financiero y económico de las obras ejecutadas, incluyendo los resultados de los controles de verificación de la calidad de las mismas. Los informes a presentarse deben ser un fiel reflejo de lo que ha sucedido en el campo y del avance de la construcción de la obra.

Para elaborar los informes, la supervisión debe contar con documentos fidedignos, levantados directamente en la obra y para ello se requiere de un seguimiento y monitoreo permanente de la carretera que se está construyendo.

En la obra se debe mantener un Sistema de Control de Calidad⁴ similar al usado en las industrias y debe contar con su propio laboratorio de suelos y pavimentos, que le permita controlar la calidad de la producción, mediante análisis de laboratorio. Además, se debe llevar control ordenado de los ensayos de campo y laboratorio, así como de la calidad y cantidad de la obra ejecutada en el campo.

⁴ Especificaciones Generales de la DGC, Control de Calidad, p 153-1.

Las obras que normalmente se ejecutan en un proyecto vial consisten en:

- Trazo topográfico y colocación de bases de control de todas las obras aprobadas para su construcción.
- Estudio del Impacto Ambiental para elaborar los parámetros que se deben aplicar en la construcción de la carretera, a efecto de mitigar los daños a la naturaleza y al ambiente, los cuales deben aplicarse diariamente durante la construcción de la carretera y deben ser monitoreados constantemente.
- Obtención de los bancos de materiales de suelos, trituración y mezclado de los materiales pétreos, requeridos según el diseño aprobado.
- Apertura de brecha y movimiento de tierras.
- Construcción de bóvedas, alcantarillas y cajas de drenaje pluvial mayor y menor.
- Construcción de puentes de concreto o metálicos, según diseño.
- Tratamiento de la subrasante.
- Tratamiento y compactación de la capa de base granular.
- Construcción de subdrenajes.
- Construcción de cunetas laterales y cajas receptoras, conectadas al drenaje mayor.

- Imprimación, colocación y compactación del pavimento especificado para el proyecto.
- Colocación de obras de seguridad y señalamiento vial, horizontal y vertical.
- Construcción de pasos peatonales, elevados o subterráneos, según el diseño.
- Elaboración de planos finales de la obra construida.

De acuerdo a las especificaciones la Supervisión debe emitir informes mensuales, a los contratantes, con la verificación de la cantidad y calidad de la obra ejecutada, basada en su proceso de seguimiento y monitoreo de la obra vial.

Dependiendo de la longitud de la carretera que se construye y de la dimensiones de la obras programadas; así también, será el volumen de documentos de control que debe elaborar, levantar en campo, procesar y archivar la empresa contratista y la empresa supervisora, para cumplir con el Control de Calidad de la obra, trabajo que dependiendo del tipo de procesamiento de datos, puede volverse engorroso y de gran dificultad para mostrar los resultados del control.

En la forma tradicional, todos los procesos de control y seguimiento que se mencionaron con anterioridad, se ejecutan manualmente mediante el llenado de formatos en campo y su posterior procesamiento en oficina. Esta costumbre conlleva un inadecuado e ineficiente control de los proyectos, ya que el llenado manual no garantiza la seguridad de la información y un postproceso

en oficina por personal que no necesariamente conoce el proyecto, aumenta el riesgo de error en el procesamiento de la información.

El propósito de este estudio es coadyuvar a un adecuado control de la obra, mediante la presentación de un proceso que les permita, tanto a los organismos contratantes como a los constructores, mantener un control certero del avance y de la calidad de la obra.

Para cumplir con ello se detallará el proceso del seguimiento y control de los proyectos viales, en tiempo real.

1.1. Definición del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales

El monitoreo y control de proyectos es un conjunto de actividades de gestión, que permiten verificar si el proyecto está marchando de acuerdo a lo planificado.⁵ Tradicionalmente el monitoreo y control de proyectos consiste en una recopilación ordenada de datos acerca de la red vial, que permite a los ingenieros, consultar en gabinete los datos levantados en el campo.⁶

El propósito de monitorear proyectos es detectar riesgos, conocer e informar regularmente el estado de avance, asegurar el conocimiento e información de los requerimientos de cambios que surgen durante la ejecución de las obras y organizar la información para resolver los problemas futuros y los que están surgiendo durante la ejecución,⁷ con fundamentos sólidos y respaldados.

⁵ Consultado 25 nov. 2012. http://www.ecured.cu/index.php/Monitoreo_y_Control_de_Proyecto

⁶ Kraemer, C. et al. 2003. Ingeniería de Carreteras. v. 1.

⁷ GDP. Proceso de Monitoreo y Control de Proyectos.

Para lograr el control deseado, debe efectuarse el seguimiento de la obra durante todo el desarrollo del proyecto y registrar los datos continuamente, acorde con el desarrollo del proyecto.

El control y seguimiento de las actividades que se realizan en el proyecto, incluye el registro de los recursos y de los materiales empleados durante la ejecución y la verificación mediante ensayos de laboratorio si se han empleado los materiales adecuados. Además, se requiere de la verificación del cumplimiento de las normas especificadas y el cumplimiento de la calidad requerida.

1.2. Forma tradicional del monitoreo y seguimiento de proyectos

Cada institución o empresa de construcción vial tiene su propia forma de ejecutar el seguimiento y monitoreo de sus obras. Esto depende de su organización interna, de los tipos de controles que haya definido y de los equipos que posea.

La forma tradicional de recolección de datos se realiza mediante el llenado de boletas previamente diseñadas, que son llenadas manualmente en el campo, por los inspectores de obra y los supervisores. En las boletas se anotan manualmente los datos de las mediciones de los trabajos ejecutados y se toman algunas fotos representativas de la obra construida o en su proceso de construcción. Se adjuntan las fotos más representativas a criterio del supervisor y el resto se archivan o se pierden.

Esto conlleva una gran acumulación de boletas que posteriormente son procesadas y calculados los volúmenes, en el gabinete por los calculistas. Los

resultados se envían para la revisión y análisis de los ingenieros supervisores, con el objetivo de ser el soporte, para elaborar los informes correspondientes.

1.2.1. Método de recolección (captura), reporte y almacenamiento de datos de manera tradicional

Los proyectos viales son regularmente de varios kilómetros, lo que provoca la necesidad de contar con varios frentes de trabajo, que realizan diversas obras al mismo tiempo. Se requiere de un grupo de varios profesionales y técnicos especializados en la supervisión, para controlar la calidad de las obras que se están ejecutando y estar monitoreando que se cumplan con las especificaciones de construcción establecidas, levantando constantemente la información de las obras ejecutadas y en ejecución, archivando los datos recolectados y procesando informes de avance y estado de las obras.

La experiencia propia, de trabajar desde hace varios años en el área vial, permite indicar que la forma de monitorear los trabajos en los proyectos, antes de la década de los años 1990, consistía en efectuar los registros de la ejecución de los trabajos, utilizando libretas de papel, rotuladas y con una cuadrícula, que dependiendo del tipo de datos a capturar, variaba de la siguiente manera:

En las hojas se anotaban los resultados de la medición de las obras, entre otros datos:

- Nombre del Proyecto.
- Fecha de levantamiento de datos:
- Hora:

- Hoja Número:
- Personal que levantó los datos:
- Renglón de Trabajo ejecutado:
- Descripción de la obra ejecutada:
- Estación de Inicio y Estación final de la obra, Lado de la Obra (derecho o izquierdo):
- Cuadro de datos:
- Largo:
- Ancho:
- Altura:
- Espesor:
- Volumen calculado:
- Tipo de material empleado en la construcción:
- Observaciones:
- Firma del personal de Supervisión, que levantó los datos
- Firma del personal de la Constructora, presente en la obra durante el levantamiento.

En algunos casos se tomaban fotografías de los trabajos, las cuales en su mayoría eran con películas de rollo, que posteriormente se mandaban a revelar, para adjuntarlas a los reportes.

Algunas veces, la cuadrilla de medición levantaba la información en una copia que se ensuciaba; por lo que posteriormente la corregían y pasaban en limpio. En el momento de ejecutar las correcciones algunas veces sucedió que se cometían errores involuntarios, que alteraron la fidelidad de la información.

La información corregida con la serie de datos del monitoreo, se almacenaba y posteriormente se enviaba a los calculistas para efectuar el cálculo de las estimaciones del trabajo ejecutado.

El calculista al recibir la información de campo, procedía a ordenarla y preparar los cuadros de estimación de obra ejecutada; para que el Delegado Residente la revisará y aprobará. Con los datos revisados se procedía a preparar la Estimación de Trabajos y remitirla a las autoridades correspondientes para su aprobación final y posteriormente remitirla para el trámite de pago de los trabajos ejecutados.

Como se puede inferir del proceso antes descrito, se trabajaban muchas fichas de hojas sueltas, para recolectar la información de campo. Las fichas originales se almacenaban en archivos, dentro de muebles acondicionados para ese objetivo.

Las nuevas fichas de campo que originaron la estimación, ya corregidas y aprobadas, se almacenaban en otra área o mueble acondicionado; para poder ser consultada por alguna persona autorizada de verificar o revisar la información correspondiente.

La generación de información en cada proyecto es tan grande; que implica la necesidad de almacenar una gran cantidad de documentos; que ocupan mucho espacio físico en las oficinas de la Supervisión y en las oficinas de la Constructora; lo que hace que el área designada para archivos resulte insuficiente.

En el caso específico de la Dirección General de Caminos se almacenó tanta información valiosa, que llegó a colapsar el área del Archivo General y

mucha información se dañó por la falta de espacio y mantenimiento. Otra información se extravió y se llegaron a confundir los documentos de uno y otro proyecto.

De lo antes descrito se puede inferir que la información recolectada de manera tradicional provoca los siguientes inconvenientes:

- Que la información obtenida de la forma tradicional esté sujeta a la manipulación de varias personas.
- Que dicha información puede estar sujeta a ser modificada y adulterada, de manera consciente o inconsciente y por ende modificar los resultados finales generados a partir de ellos.
- La generación de información en cada proyecto, con este procedimiento, es tan grande que implica la necesidad de tener un área de archivo muy grande y algunas veces inoperante.

1.3. Propuesta del uso de un mecanismo de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real

Actualmente en Guatemala, sucede que en muchas obras, aún se llevan registros manuales de los trabajos que se están ejecutando, de estos datos algunos se envían para un procesamiento electrónico; pero la mayoría de esta información se recopila, se archiva y posteriormente desaparece y pierde actualidad.

Entonces, cuando se desea conocer el estado de una obra, hay que perder tiempo en volver a levantar los datos requeridos, invertir recursos

económicos adicionales en tiempo del personal que realice la captura, inversión de costos en el proceso de análisis y procesamiento de los datos. Como no hay una continuidad adecuada en el procesamiento, los resultados obtenidos pierden validez al concluir la elaboración del informe, no tienen continuidad y cuando se necesita actualizarlos nuevamente, hay que volver hacer la misma operación para generar un nuevo reporte.

La Gerencia de las constructoras, los Directores de Proyectos o los Supervisores, constantemente se encuentran con el problema de necesitar conocer el estado real del avance actual de una obra, o bien requerir datos que les permitan tomar decisiones dependiendo del avance de los trabajos, o bien conocer el estado actual de la inversión efectuada en ella, hasta ese momento.

La falta de actualización de datos y tener la certeza del estado real de ejecución de una obra o proyecto es la gran necesidad de la Gerencia de Obras.

Para subsanar los problemas descritos, se propone la implementación de un Sistema de Control y Seguimiento de Proyectos en tiempo real⁸, que se llamará SICSEPROVI, dado que la información se almacena de manera electrónica inmediata y automática; por lo que su inspección remota puede efectuarse en ese preciso instante o "en tiempo real" y los recolectores y usuarios no pueden deformar la información recolectada. Se puede considerar como un Sistema de Información Estratégico.

⁸ Tiempo real: aplicación de los aparatos computadorizados que permite el procesamiento de datos en relación con acontecimientos externos en marcha; de forma que los técnicos puedan tomar decisiones inmediatas diagnósticas o de otro tipo, basándose en la obtención de datos reales. Diccionario Mosby - Medicina, Enfermería y Ciencias de la Salud. 1999.

Este proceso requiere de una plataforma de hardware y software especializado para su uso en obras viales, el cual es alimentado por los datos del levantamiento de campo utilizando el Internet como plataforma de envío, operados mediante un Sistema de Información (SI) los cuales son un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos, organizada y lista para su uso.

Para las ubicaciones georeferenciadas de las obras viales, se apoya en el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), sobre una aplicación del Google Earth y mapas online.

En la actualidad estos procesos se están empleando en varios países, apoyándose en los avances tecnológicos del envío de la información vía internet

El 16 de junio de 2011 se desarrolló en España la Jornada Técnica sobre “El estado actual de los sistemas de información geográfica: aplicación a la Ingeniería Civil”,⁹ auspiciado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Durante las jornadas de trabajo se analizaron los avances tecnológicos aplicados en el campo del diseño, control y evaluación de carreteras.

Para este estudio, considero muy importante hacer conocer la información presentada por los ingenieros: D. Miguel Marchamalo Sacristán, D. Juan Carlos Ojeda Manrique y D. Rubén Martínez Marín, quienes indicaron las cualidades del proceso de Seguimiento y Control de Proyectos Viales en Tiempo Real: “en la actualidad existe un acceso amplio y creciente a la información relevante

⁹Marchamalo, M., Ojeda, Juan (2011, Julio- Agosto) RUTAS, Revista de la Asociación Técnica de Carreteras, Madrid, revista No. 145, 65 p.

para la formulación, gestión y evaluación de proyectos en ingeniería, caudal de información que debe ser tratado de manera que se optimice su uso.” En otra parte de la exposición se enfatizó que: “El desarrollo de la aplicación de las tecnologías GPS-GNSS y su incorporación a numerosos aparatos e instrumentos a un precio asequible, cámaras fotográficas, navegadores, móviles¹⁰, etc., permiten georeferenciar prácticamente toda la información práctica profesional”.

En otro párrafo del documento presentado, indican que: “Los Sistemas de Información Geográfica –SIG- son herramientas fundamentales en la planificación territorial, formulación y evaluación de proyectos de ingeniería cuyas aplicaciones a carreteras son muy variadas, incluyendo aplicaciones sutiles en la formulación, el diseño y la evaluación de proyectos. Su evolución trae consigo nuevas posibilidades ya que facilita su empleo en dispositivos móviles con GPS¹¹, como móviles y ordenadores portátiles para el inventario en tiempo real e incorpora todo tipo de información, incluidas fotografías tomadas en el campo y posibilita compartir la información con clientes y usuarios en plataformas como Google Earth, publicando información en formatos como KML y KMS¹².”

El desarrollo tecnológico actual, permite que la información recabada durante las visitas de seguimiento y monitoreo de una obra, se pueda recolectar de manera simplificada utilizando equipos electrónicos; usaremos como sinónimo de este tipo de recolección de información, el término: "captura de información y/o captura de datos”.

¹⁰ Comentario propio: Móviles: sinónimo de teléfonos digitales portátiles.

¹¹ Comentario propio: GPS: Sistema de Posicionamiento Geográfico, equipo que marca la coordenada geográfica del sitio donde se encuentra ubicado, en cada instante.

¹² KMZ y KML (acrónimo en inglés Keyhole Markup Language) son tipos de ficheros que contienen información geográfica y que son específicos para visualizarse en Google Earth/Maps Consultado 25 nov. 2012. Disponible <http://www.tufuncion.com/kmz-google-earth>.

La captura de datos en el campo, se puede realizar mediante dispositivos electrónicos adaptados a un procesador remoto (laptop, Desktop PCs, tablets, PDAs Palms o Dispositivos Touch Inteligents, Sistemas Android y Smart phones, etc.), que cuenten con un usuario autorizado.

Para simplificar la captura de datos, se cuenta en el mercado con equipos especializados que permiten generar electrónicamente los formularios de la captura de la información. Se pueden almacenar de manera automática, procesar y archivar las fotos y videos. Estos equipos de telecomunicaciones y de procesamiento de datos se enlazan para obtener, almacenar, administrar, mover, desplegar e intercambiar la información requerida en el instante en que está siendo subida al almacenamiento en la red, por medio de internet.

De acuerdo al tipo de informe de Monitoreo y Seguimiento que se desee, así se diseñarán los formularios electrónicos. Los operadores durante la visita de campo; sólo podrán ingresar los datos que se les solicita y se introducirán en los campos respetivos, previamente diseñados para el efecto. El uso de estos sistemas computarizados es tan versátil que la información monitoreada en las obras, se puede ampliar con la inclusión de video-fotos filmados durante la visita y se georeferencian las imágenes filmadas.

Estos equipos de telecomunicaciones y de procesamiento de datos se enlazan para obtener, almacenar, manipular, administrar, mover, desplegar e intercambiar la información requerida en el instante en que se está subiendo al sitio de almacenamiento en la red, por medio de la Web. Esto permite asegurar que la información recabada no puede ser manipulada por los recolectores de la información en el campo, así como tampoco por los usuarios autorizados, los cuales solo tendrán acceso a los resultados.

Conceptualmente se puede indicar que el SICSEPROVI actualiza los datos automáticamente, al recibir la última información recabada en campo. Se puede utilizar en cualquier proyecto que desee monitorear. Tiene como beneficios: su fácil aplicación, la certeza de la información recabada y los resultados obtenidos.

Por tener la capacidad de proporcionar la información en tiempo real, es muy útil en la toma de decisiones por los Gerentes de Proyectos.

En la Ingeniería Vial, la aplicación del SICSEPROVI, puede permitir que se obtengan las siguientes ventajas:

- Evita la corrupción de la información. La información obtenida con este sistema es real e inalterable, dado que las fotografías contienen la georeferenciación, el día de la toma y la hora exacta de la captura de la información.
- Se evita la pérdida de la información; porque se almacena en una base de datos a la que se accede vía internet.
- Se actualiza la información en tiempo real, desde cualquier aparato electrónico remoto, si se cuenta con la autorización para subir la información.
- Permite visualizar una obra y su historial desde un procesador remoto (laptop, Desktop PCs, tablets, PDAs Palms o Dispositivos Touch Inteligents, Sistemas Android y Smart phones, etc.) y desde cualquier parte del mundo.

- Facilita la toma de decisiones al contar con la información precisa en tiempo real.
- En emergencias remotas, permite a los ingenieros visualizar los daños ocurridos en las obras viales, estimar los daños que se observan y tomar decisiones adecuadas a las circunstancias.
- Reduce los costos del monitoreo y seguimiento de los proyectos viales, ya que la información recolectada no se pierde y es incorruptible. Evita tener que efectuar gastos adicionales para recuperar la información perdida.
- Se logra tener un record histórico del desarrollo de la ejecución de la obra, con la certeza de que la información que se está visualizando es real y actualizada a la fecha de las tomas.

En Guatemala, algunas instituciones han iniciado la actualización de datos de manera electrónica; mientras una gran cantidad, continúa monitoreando de manera tradicional, acarreado consigo el problema de la falta de actualización de su información, como ya se ha explicado.

Dado el avance tecnológico; se pretende incluir en el proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales, el control de los mismos en "tiempo real". Se considera como información en tiempo real, aquella que corresponda al momento de la captura más reciente.

La recolección de datos en tiempo real, permite que la información sea incorruptible, al evitar la modificación de datos por personas ajenas al procesamiento, los datos son más confiables y fieles.

Como ejemplo de una aplicación muy importante del sistema que se propone, se adjunta a continuación una aplicación desarrollada en Guatemala, para su utilización en emergencias viales provocadas por desastres naturales.

La experiencia indicó de manera sustancial, la ventaja de aplicar este tipo de herramienta en países, que como en el caso de Guatemala, presentan un alto grado de vulnerabilidad en su red vial.

En el brochure: “Gisystems, Soluciones Inteligentes” empresa de ingeniería, consultora internacional con oficinas en Guatemala, indica en el tema: “Sistemas de Monitoreo de Obras de Construcción en tiempo real”:

“La ocurrencia del Huracán Stan en Guatemala en el año 2005, el cual destruyó prácticamente la infraestructura del país en 14 de sus 22 departamentos, ocasionando pérdidas superiores a los US \$ 1,000,000,000.00; obligó al Gobierno de Guatemala a atender innumerables proyectos de rehabilitación y reconstrucción en varios frentes en forma simultánea. Para poder controlar la ejecución de todos los proyectos de rehabilitación y reconstrucción de la infraestructura de las comunicaciones (carreteras, puentes, pistas de aterrizaje, obras de protección de márgenes y dragados de ríos) se desarrolló un sistema de monitoreo en tiempo real. El sistema desarrollado permitió dar seguimiento simultáneo a más de 200 proyectos de obras civiles con una inversión superior a los US \$300 millones, brindando información fílmica, fotográfica y numérica del avance de los proyectos semanalmente.¹³”

¹³ Brochure: “Gisystems, Soluciones Inteligentes”, Guatemala, año 2011, Recuperado el 25 de noviembre del 2012 de [http:// www.gisystemsint.com](http://www.gisystemsint.com)

Esta experiencia desarrollada en los últimos años, permite tener certeza de que la información capturada en tiempo real, facilita el monitoreo de las obras.

Otra experiencia del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala, en el manejo de sistemas de información es la que utiliza La Unidad Ejecutora de Conservación Vial - COVIAL - quien posee un sistema de información electrónica, denominado Sistema Integral de Control de Proyectos –SICOP-, el cual es alimentado por los supervisores de obras para subir la información a través de la web. En él, se genera la actualización del avance de los trabajos en los proyectos que tienen a su cargo, sin embargo, en la actualidad, aún la información no es en tiempo real y no se actualiza con la regularidad deseada. Actualmente se continúa solicitando a los supervisores, mucha información manual para certificar el avance de las obras. En Guatemala, el SICOP es el sistema más cercano a un sistema en tiempo real.

La Dirección General de Caminos de Guatemala, cuenta con otro sistema de información, llamado: Sistema de Gerenciamiento de Proyectos- SIGEP-; el cual no se ha logrado implementar plenamente y aún está muy lejos de ser en tiempo real.

2. PROCESO DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE PROYECTOS VIALES EN TIEMPO REAL

2.1. Definición del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real

Seguimiento de proyectos

El Seguimiento de Proyectos consiste en: “Proveer una adecuada visión a la administración, sobre la situación del proyecto, para identificar oportunamente cualquier desviación de lo planeado; con el objetivo de tomar decisiones oportunas, para corregir los problemas.”¹⁴

Se debe verificar que el avance de los proyectos, se realice mediante el cumplimiento de las tareas programadas y en el caso de existir desviaciones, se puedan tomar las decisiones que corrijan el desfase.

Para cumplir con las tareas de seguimiento se utilizan las técnicas siguientes:

1. Reuniones: con el equipo de trabajo, en grupo o individuales para revisar el progreso del trabajo.
2. Revisión de resultados: de acuerdo al plan de trabajo, validar que los avances sean reales y que estos cumplen con la calidad especificada.

¹⁴ Orozco, Sergio. El Seguimiento del Proyecto. Consultado nov. 2012.
http://www.liderdeproyecto.com/articulos/el_seguimiento_del_proyecto.html

3. Software de Administración: se debe constatar que los reportes de los avances, sean correctos y que se hayan efectuado de acuerdo al software¹⁵¹⁶ aprobado como herramienta de planificación y administración del proyecto.

Control de proyectos

El propósito de controlar y monitorear los proyectos es: detectar los riesgos e informar con regularidad el estado del proyecto, verificando que marcha de acuerdo a lo planificado.

El “control de un proyecto implica medir y corregir las actividades y procedimientos que en él se realizan.

La base del control es la retroalimentación con información confiable y oportuna que permita tomar las decisiones respecto a la ejecución del proyecto.”¹⁷

El proceso de Control permite determinar el cumplimiento de estándares, criterios y decisiones sobre el cumplimiento de las especificaciones.

El monitoreo en campo permite realizar los cambios y ajustes necesarios para corregir la programación de las obras.

¹⁶ Software: se conoce como *software al equipamiento lógico o soporte lógico* de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos que hacen posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos, que son llamados hardware. Recuperado el 26 diciembre 2012. <http://es.wikipedia.org/wiki/Software>.

¹⁷ Dolores, D., et al. Consultado 26 dic. 2012. www.slideshare.net/ddjdlc/seguimiento-y-control-de-un-proyecto.

El Control de un proyecto es un proceso cíclico de 4 fases:

- Fase 1: Establecimiento de estándares y criterios

Para el caso de los proyectos de carreteras en Guatemala, se aplican las Especificaciones Generales Para Construcción de Carreteras y Puentes, también llamado Libro Azul.

- Fase 2: Observación del desempeño o ejecución del Proyecto

La eficacia dependerá que la observación y verificación de resultados llegue a tiempo a los encargados de realizar los cambios y mejoras. En el caso del Monitoreo de Carreteras dependerá de la información que capture la Supervisión de la Obra y de las acciones que tomen las Jefaturas correspondientes.

- Fase 3: Medición de Desempeño y Ejecución

La medición del avance de las obras de carreteras se ejecuta de acuerdo a los estándares especificados en el Libro Azul; mediante la medición en campo de los trabajos, para verificar la calidad y las cantidades reportadas en las estimaciones de obra ejecutada y aceptadas por la supervisión.

- Fase 4: Acción Correctiva

Se ejecuta cuando las obras no cumplen o se desvían de lo especificado en los contratos de construcción; para lo cual la supervisión deberá notificar y exigir que el constructor cumpla con las normas indicadas en las especificaciones técnicas.

Monitoreo de proyectos

“Con la evolución de la ciencia y el desarrollo de las tecnologías, los proyectos se monitorean de acuerdo a software informáticos, desarrollados especialmente para lograr el éxito de los proyectos, cumpliendo con la calidad requerida por los clientes.”¹⁸

Es necesario vigilar el correcto desarrollo de las actividades y tareas establecidas en el proyecto, así como el seguimiento y control de de los recursos humanos y materiales de los que se dispone.

Proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real

En la Ingeniería Civil los procesos de cambio se han identificado con el avance tecnológico, haciendo las tareas mediante la aplicación de herramientas que facilitan la comunicación y simplifican el entendimiento de los problemas y los logros en el trabajo.

El seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real, implica la implementación de sistemas de información computarizados conectados mediante el internet, con lo cual logran los ingenieros observar desde su escritorio o desde su equipo electrónico móvil, en el lugar donde se encuentren, los avances diarios de los proyectos que supervisan.

¹⁸ Monitoreo y Control de Proyecto. Consultado 26 dic. 2012.
http://www.ecured.cu/index.php/Monitoreo_y_Control_de_Proyecto.

El pronto acceso a la información, permite tomar decisiones correctas y permite definir las modificaciones o correcciones que deben darse a los trabajos, facilitando el avance del proyecto.

La sistematización en tiempo real de las actividades de monitoreo y seguimiento de proyectos, se han aplicado en Guatemala. Una experiencia fue el monitoreo simultaneo de 200 proyectos de obras civiles que fueron ejecutados a raíz de los daños causados por el Huracán Stan, en el 2005.

Durante ese evento se desarrolló un sistema que permitió darle el seguimiento adecuado: “mediante el uso de equipos modernos de alta tecnología, se mejoró la calidad del trabajo y se realizó con el uso de equipos modernos que incluyen cámaras fílmicas de alta precisión que capturan los datos en movimiento. Con sistemas de posicionamiento global y teclados automatizados especialmente diseñados para el levantamiento de trabajos de campo se registraron los datos mientras se circulaba por el proyecto. El sistema no utiliza ningún formato llenado a mano en papel, y todos los datos se manejan de manera digital, permitiendo la visualización rápidamente dentro de la computadora portátil y la pronta impresión de informes ejecutivos que se generan automáticamente por el sistema.”¹⁹

Otro evento que se cubrió con ese modelo de seguimiento en tiempo real, fue el reciente terremoto ocurrido en el área del departamento de San Marcos, Guatemala, ocurrido en septiembre del 2012, ambos eventos, se ejecutaron para el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala.

¹⁹ Brochure: “Gisystems Soluciones Inteligentes”, Sistemas de Monitoreo de Obras de Construcción en Tiempo Real, Recuperado via internet, <http://www.gisystemsint.com>.

En el 2011, durante los meses de febrero a junio, en la República de Chile, en la ciudad de Concepción, ubicada en la región del Bio – Bio, se implementó por Gisystems-Chile, el monitoreo en tiempo real de la ejecución de los trabajos de construcción de edificios y viviendas con concreto reforzado, para albergar a los damnificados por el terremoto de enero de 2011. Los trabajos de monitoreo fueron realizados para el Ministerio de Vivienda de la República de Chile.

En la República de Ecuador, en el 2008, Jorge Faytong y Giancarlo Moggia, realizaron un estudio para implementar, un monitoreo automatizado de las carreteras, mediante el uso de sistemas informáticos de detección y seguimiento de las características de los vehículos. De ese estudio se obtuvieron los siguientes conceptos: “Una de las respuestas más eficientes al problema del monitoreo del mantenimiento de carreteras y la congestión vehicular, radica en el uso intensivo de sistemas informáticos y de telecomunicaciones aplicadas a la gestión del tráfico. En efecto, los denominados *Sistemas Inteligentes de Transporte* (SIT), son un ejemplo que incluye la electrónica avanzada, las comunicaciones y los sistemas informáticos para aumentar la eficiencia y seguridad del transporte por carretera y su mantenimiento”. En algunas ciudades, la circulación de las principales carreteras se controla mediante cámaras de vídeo, radares o sensores en la propia carretera. Un sistema de visión por computador analiza la información. Esta tecnología de la información se ha convertido en un eficiente apoyo para el ciudadano y para las instituciones públicas. Los sistemas de transporte inteligente poseen un sinnúmero de técnicas informáticas y los métodos basados en conocimiento, tienen la ventaja de poseer un costo de implementación relativamente más bajo.”²⁰

²⁰ Faytong Real, JE., Moggia Cucalón, GJ. 2008. Monitoreo automático de carreteras mediante el uso de un sistema de detección, seguimiento y extracción de características de vehículos con técnicas de visión por computador.

2.2. Método de recolección de datos (captura), sistemas de procesamiento de datos (hardware y software)

Para el seguimiento y monitoreo de proyectos en tiempo real, se requiere de conocer la información del proyecto, determinar los renglones de trabajo contratados, las cantidades de obra a ejecutar con sus dimensionales y volúmenes, así como los precios unitarios de cada uno de los renglones.

Los datos a recabar en campo son los mismos que en el método tradicional, lo que varía es la plataforma de trabajo.

En el método tradicional se utilizan hojas de papel que se llenan a mano, mediante un lápiz de grafito o bolígrafo. Posteriormente se calculan los volúmenes por los calculistas, quienes por no estar en campo, pueden de manera consciente o inconsciente manipular o adulterar la información.

Con el método de recolección de datos (captura de información) en Tiempo Real, se utilizan equipos electrónicos (hardware) que evitan el manejo de papelería que se puede deteriorar y en cambio la información se elabora directamente en campo, trabajando con los teclados del equipo de cómputo. Se toma la fotografía del evento y se incorpora automáticamente al sistema; de esa manera se evita que la información se adultere o manipule después de ser capturada.

La información se considera capturada, luego de que se emita la orden al equipo portátil de enviarla al servidor central vía internet, mediante el toque de la tecla correspondiente.

El Servidor Central es un equipo que concentra toda la información digitalizada que se le envíe. Normalmente el Servidor Central se localiza en el Centro de Cómputo de las oficinas de la empresa supervisora, el cual está ubicado a una distancia remota.

Recibida la información vía internet, de manera inmediata, el Servidor Central la procesa de acorde al Sistema de Información y la coloca directamente en la ubicación que le corresponde al proyecto vial que se está trabajando.

En tiempo real las personas autorizadas, podrán consultar la información y observar los datos capturados, los cuadros de avance, etcétera, así como observar las fotos que se enviaron junto con los datos de campo.

Sistemas de procesamiento de datos (hardware y software)

Para utilizar los sistemas electrónicos se debe contar con un software que contemple el uso de los programas: SI (Sistemas de Información) sobre una aplicación del Google Earth o similar, que permita trabajar con mapas online.

“Un sistema de Información es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos e información, organizados y listos para cubrir una necesidad u objetivo. Los datos interactúan y dan lugar a una información más elaborada, que se distribuye de la manera más adecuada, a una entidad”²¹.

Se recomienda utilizar también la aplicación llamada: SIG (Sistema de Información Geográfica), como una plataforma para evaluar y monitorear los

²¹ Sistema de Información (SI). Consultado dic. 2012. <http://es.wikipedia.org>.

proyectos viales, la cual permite visualizar, manipular y desplegar datos espaciales. Es un sistema de programas, para computadoras, mediante el cual el personal ingresa la información y permite analizar y presentar información ligada a una localización espacial determinada. Genera mapas inteligentes para ligar la base de datos a mapas y permite la incorporación de fotos aéreas. El SIG es una poderosa herramienta para coleccionar, almacenar, recuperar, transformar y visualizar datos sobre el mundo real.²²

En el 1995 el Ministerio de Obras Públicas de El Salvador desarrolló un Sistema Geográfico de Información (GIS), a través del programa ARC/INFO-ARCVIEW, el cual presenta gráficamente la ubicación de todas las vías de la red vial de dicho país.

En el 2000 la Dirección General de Caminos de Guatemala, desarrolló la implementación de un Sistema de Gestión de Caminos No Pavimentados, el cual incluyó un Sistema de Información Geográfica. Este presentó la red vial no pavimentada de Guatemala y mostró toda la información de esas carreteras, ligadas con una información fílmica de cada una, con todos los datos y características de los caminos. Esto permite recorrer los caminos desde el escritorio por las personas autorizadas para el efecto.²³

En el 2002, La Unidad de Conservación Vial, COVIAL implementó el Inventario de Condición Vial, para ser realizado por las empresas supervisoras de mantenimiento de carreteras. Para el levantamiento y registro de la información de la condición de los tramos de la red vial de Guatemala. El

²² González, Miguel. Introducción a los SIG.

²³ Monterroso R., O. Evaluación para control y seguimiento de proyectos de obras viales mediante software de aplicación.

documento elabora los formularios de inventarios a registrarse en segmentos cada 100 metros, utilizando un software elaborado para el efecto.²⁴

Con la aplicación del Sistema de Gestión, se puede dar actualización del inventario vial, se puede planificar de mejor manera las tareas a ejecutar, facilita la programación y priorización de obras viales y permite llevar un control en tiempo real de los trabajos que se estén ejecutando.

En la actualidad, la Unidad de Conservación Vial –COVIAL-, perteneciente al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, trabaja con un Sistema de Gerenciamiento de Proyectos, llamado SIGEP, que administra una base de datos informática, vía internet y GPS, con fotografías y filmes de la ejecución de sus proyectos, los cuales se han levantado directamente en el campo. Adicional, maneja computarizado, un Sistema Integrado de Control de Proyectos –SIAP- dentro del cual funciona el Sistema Integral de Control de Proyectos llamado SICOP, que informa sobre los trabajos de Rehabilitación y Mantenimiento de las carreteras de Guatemala. En él, se almacenan las fotografías subidas por los supervisores, los datos de los contratos de construcción y supervisión, el avance físico y económico de los proyectos; así como los renglones de trabajo, el avance financiero de cada renglón y los documentos de cambio que modifican los renglones de trabajo, datos de la empresas de construcción y supervisión, monto y duración de los contratos. Presenta datos y diagramas del avance de las estimaciones de obra, avance de los documentos de pago de estimaciones, reportes del área financiera, etcétera. Cuenta también, con una aplicación para el reporte de Emergencias que puedan acontecer en los proyectos, tales como: deslaves, daños en puentes, emergencias y terremotos, etcétera.

²⁴ The Louis Berger Group, Unidad de Conservación Vial. Instructivo para el inventario de condición de la red vial.

El SICOP tiene una aplicación especial, donde se alimenta la información, mediante la filmación en movimiento, desde un vehículo que recorre toda la carretera. Las filmaciones son mediante cámaras de video normales y en algunos casos, dependiendo de la aplicación que se desee obtener, se realiza desde una cámara especial con filmación integrada en 3 dimensiones y con un área de cobertura de 360 grados.

Se pueden observar los eventos en la total dimensión y permite a los Ingenieros y autoridades viales, tomar decisiones desde su gabinete, como si estuvieran en el lugar del evento.

El SICOP, ha sido muy útil en Guatemala para la atención de emergencias de proyectos viales, durante los últimos años.

En otros países de Latinoamérica se están utilizando algunos programas computarizados que permiten la visualización y control de proyectos viales, por ejemplo: “En Nuevo León, México, el Centro SCT²⁵, de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, utiliza desde el 2008, tecnología de transmisión de imágenes vía internet y GPS, para sus trabajos de seguimientos de obras, almacenando la información en bases de datos, que le facilitan el procesamiento y accesibilidad de datos, de las carreteras en construcción en forma virtual. Las personas con los permisos necesarios, pueden acceder al internet, para observar las imágenes de supervisión. El sistema puede supervisar dos tipos de obras diferentes, una de ellas es la supervisión itinerante, como son los caminos rurales y las carreteras. La supervisión de obras fijas, que se aplica principalmente en: ductos pluviales y puentes.

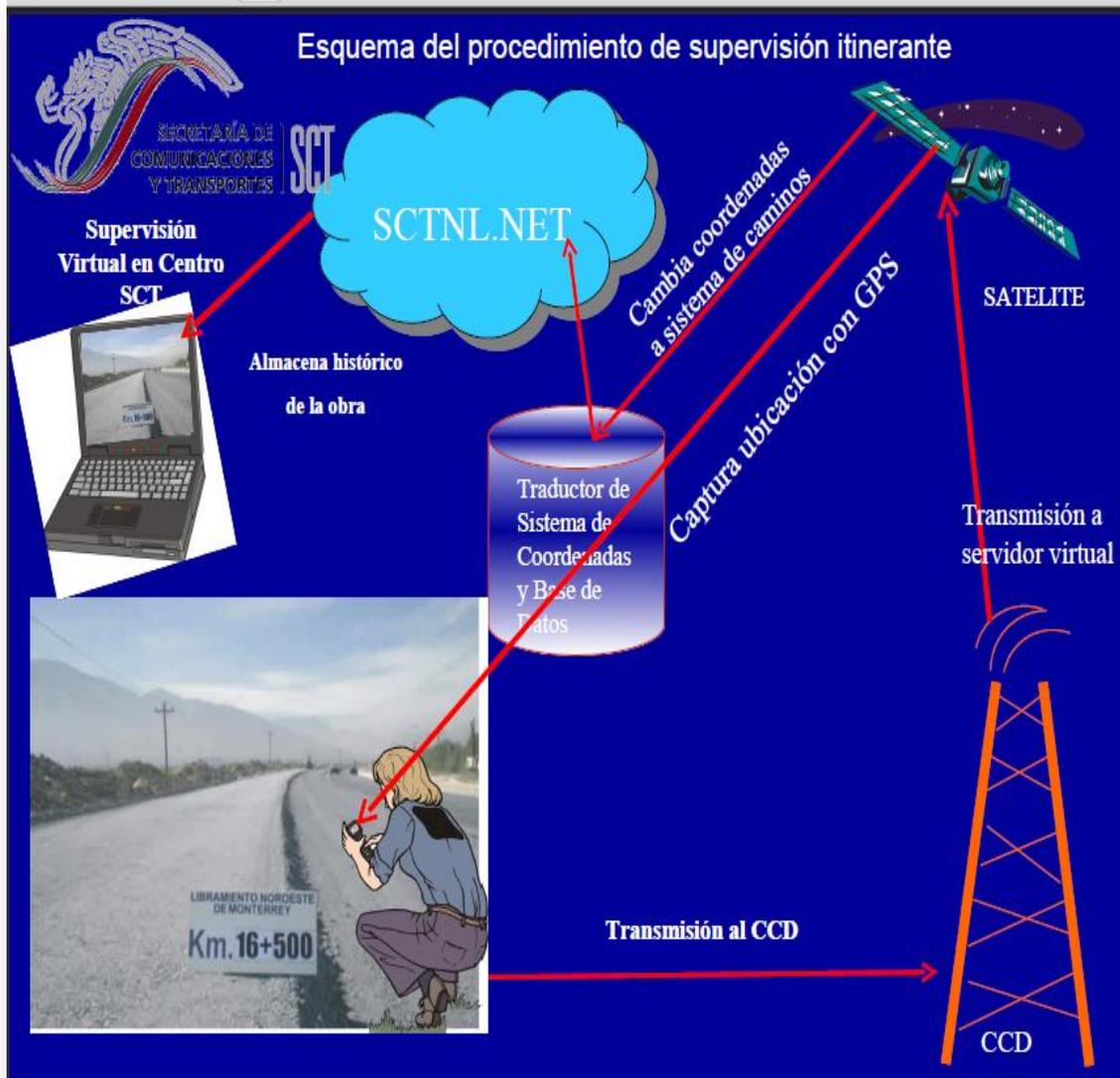
²⁵ SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transporte, del Gobierno de la República de México

Son muchas las ventajas que este nuevo sistema ofrece a la construcción de obras, por ejemplo: Tiene la facilidad de mostrar perfectamente los avances, los programas y el estado que guardan las obras. Facilita la supervisión de una obra que este en construcción, permitiendo su modernización o reparación desde las propias oficinas. No necesita de ningún operador ya que es completamente automático. El sistema puede corregir rápidamente cualquier error en levantamiento. Es muy útil para los caminos rurales, donde le es difícil a los ingenieros su acceso. Muestra gráficos comparativos entre el avance real y el avance programado”.²⁶

A continuación, se presenta la figura 1, que representa el Esquema del Procedimiento de Supervisión Itinerante que utiliza la SCT, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, de la República de México y la figura 2 que representa la recolección de datos, de acuerdo a los estacionamientos en la carretera, tomando las fotos mediante el uso de cámaras fotográficas y obteniendo la ubicación de los estacionamientos, mediante el uso de equipos GPS para conocer las coordenadas Geográficas de los puntos observados.

²⁶ Consultado 10 de dic. 2012.
<http://www.piar.org/library/aipcr/4/DFD0PiBnqQhQv61TZ0Sy0oAe.pdf> .

Figura 1. Esquema del tipo de supervisión y manejo de la información por la SCT



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transporte, del Gobierno de la República de México, <http://www.piar.org/library/aipcr/4/DFD0PiBnqQhQv61TZ0Sy0oAe.pdf>.

Figura 2. La información la complementan con uso de cámara fotográfica y GPS manual



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transporte, del Gobierno de la República de México, <http://www.piarc.org/library/aipcr/4/DFD0PiBnqQhQv61TZ0Sy0oAe.pdf>.

Como se ha indicado en la actualidad los avances tecnológicos permiten acceder a la información de los proyectos de carreteras con la aplicación de las plataformas: SI y GIS²⁷, con las cuales se puede ligar una base de datos que contenga toda la información del inventario vial.

²⁷ SI: Sistema de Información
GIS: Sistema de Información Geográfica

Aplicaciones de los sistemas de información

Dependiendo de los programas con que cuente la institución vial, se pueden ejecutar programas que presenten mayor cantidad de datos o que mejoren la presentación de los cálculos y proporcionen mayor cantidad de datos. Se pueden presentar cálculos sobre el estado de condición de los caminos, que permitan tomar mejores decisiones sobre los trabajos que se recomendarán para el mantenimiento o la rehabilitación de las carreteras.

Se puede monitorear en tiempo real el avance y la calidad de los trabajos que se estén ejecutando, en el instante que se trabajan.

Para mejorar la presentación de los datos, se recomienda utilizar un software de computadoras especialmente diseñado para realizar el monitoreo de los trabajos de infraestructura vial. Se recomienda que estos permitan levantar datos en tiempo real. De preferencia debe poder operarse desde un vehículo en movimiento, así como también, deben poder realizar el inmediato procesamiento de fotos y videos y almacenarlos en la memoria virtual. El software debe estar ligado a la tecnología de posicionamiento global, para obtener la ubicación de los elementos de las carreteras; así como también, a un sistema de comunicación vía internet, para enviar de manera inmediata la información al Centro de Procesamiento de Información, donde estará instalado el Servidor Central.

En el momento actual, la recopilación de la información o captura de datos se puede realizar con la utilización de equipos de cómputo móviles.

La escogencia del tipo de equipo a usar dependerá de la existencia en el mercado y del tipo de resultados que la institución desee obtener; así como de

las limitaciones económicas del proyecto. Uno de los equipos que actualmente es más económico y práctico en Guatemala, es el teléfono móvil, el cual se puede cargar con una aplicación del software que se esté utilizando.

Pasos a seguir para la recolección y captura de la información

Cualquier equipo a usar, debe contar con el software de la plataforma escogida para el trabajo y los datos que comúnmente se recolectan son:

- Identificación del nombre del proyecto.
- Su ubicación geográfica: país, departamento, municipio, poblaciones que comprende.
- Coordenadas geográficas: es necesario identificar los lugares mediante sus coordenadas geográficas; para lo cual es conveniente el uso de un GPS (Sistema de Posicionamiento Geográfico).
- Fecha de levantamiento de datos:
- Hora:
- Hoja Número:
- Personal que levantó los datos:
- Proceso para sistematizar el monitoreo de los proyectos:
- Clasificar los renglones de trabajo mediante un código de identificación, que permita agruparlos y ordenarlos, según el tipo de trabajo a ejecutar.
- Renglón de Trabajo ejecutado: (usar el código de identificación, previamente definido por la institución, a la que se le esté realizando el monitoreo).
- Descripción de la obra ejecutada: (Dependerá de los renglones de trabajo que le sean aprobados al proyecto).
- Estación de Inicio de la obra: (Corresponderá al número del kilometraje, que le corresponde dentro de la red nacional de carreteras).

- Estación final de la obra: (Corresponderá al número del kilometraje, que le corresponde dentro de la red nacional de carreteras).
- Ubicación: (indicar en qué lado de la carretera se construyó la obra; lado derecho o lado izquierdo).
- Cuadro de datos:
 - Largo:
 - Ancho:
 - Altura:
 - Espesor:
- Volumen calculado:
- Tipo de material empleado en la construcción:
- Observaciones: (se recomienda indicar la calidad del trabajo: bueno, malo, regular), otras observaciones técnicas.
- Fotografías y filmaciones: las imágenes se pueden capturar usando cámara de visión normal o con cámara de visión en 3 dimensiones.
- Los datos se envían vía internet, al procesador central de la empresa.

El software debe contar con una aplicación que reconozca el equipo y de esa manera automáticamente reconocen la identidad del evaluador.

Seguridad de la información recolectada

Al finalizar la evaluación del trabajo, el supervisor responsable, debe cerrar la sesión de recolección de información y proceder a dar la orden de envío de la carpeta trabajada.

Realizada esta última operación, el sistema valida de inmediato la información capturada; ésta ya no se puede adulterar y la información enviada

nos indica con certeza que el evaluador estuvo en la zona de trabajo en la fecha y hora que marca el equipo.

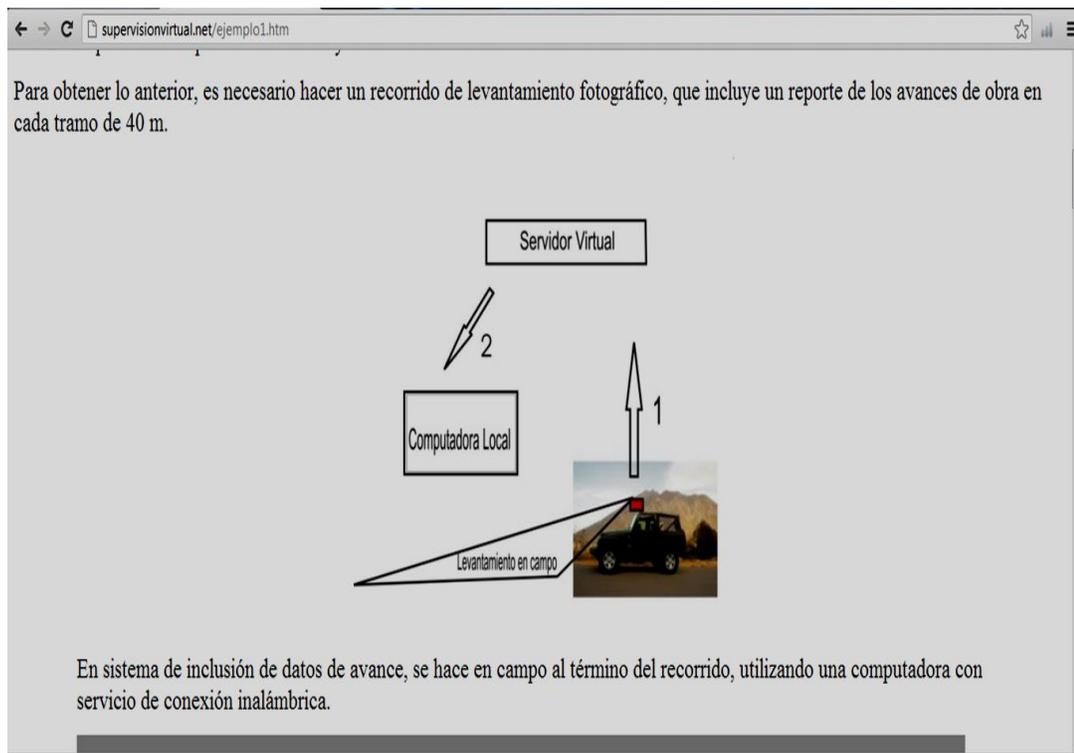
2.3. Formas de presentación de resultados del monitoreo y seguimiento en tiempo real

Como se ha indicado el “Sistema de Supervisión y Monitoreo Virtual, es una herramienta para asistir a los ingenieros que tienen a su cargo la administración de la construcción de obras viales. Permite realizar un recorrido virtual de las carreteras, observando desde su computadora las características de la obra. Puede apreciar los avances de la misma y cotejarlos con los presupuestos del contrato”²⁸

La actualización se realiza periódicamente. Como ejemplo, se puede considerar lo propuesto por la empresa Planeación Técnica y Urbanización S. A. de C.V. de México, la cual indica que la visualización de la carretera se hace como si se estuviera sobre el nivel del terreno; por lo que se requiere del levantamiento fotográfico y ubicar estas fotografías como imágenes satelitales. Se realizan recorridos secuenciales y continuos con cámara de video. Para el levantamiento fotográfico y el reporte de avance en obra, la empresa recomienda realizarlo en tramos cada 40 metros de distancia. Durante el recorrido del levantamiento de datos, se utiliza una computadora con servicio de conexión inalámbrica. El sistema manipula la velocidad y movimientos del recorrido virtual y esto se representa en la figura 3.

²⁸ Garza García, N. Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. Consultado 18 ene. 2012. <http://www.rcadena.com>.

Figura 3. Proceso de captura de datos SCT²⁹



Fuente: Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. <http://www.rcadena.com>.

En la computadora se llena el formulario electrónico preparado para registrar los datos del levantamiento:

²⁹ Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. Consultado 18 ene. 2012. <http://www.rcadena.com>.

Figura 4. **Formulario que usan para la captura de datos SCT**

Favor de capturar los datos solicitados, así como seleccionar el Archivo de la fotografía a subir hacia el servidor virtual. Para que la información se guarde en la base de datos, favor de dar click en el botón de "Enviar Información".

Constructora: Ninguna 5 plate

Ejemplo de carretera Concepto: A-Terracería

Capturar Porcentaje de Avance sólo en Terracería y Carpeta

Km.	Porcentaje	Archivo:
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo
		Seleccionar archivo No se eligió archivo

Enviar Información

Fuente: Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. <http://www.rcadena.com>.

La información la envían a su servidor central, con las fotografías adjuntas, vía internet.

En las oficinas centrales, proceden a codificar la información y la reenvían al computador del cliente, para que efectúe su análisis y la interpretación de los resultados.

Figura 5. Resultados del reporte de obra STC

Supervisor de Obra	Público en General	
Crear Cadenamientos	Gráfica de Avance	Ampliación Derecha
		Ampliación Izquierda
		Ponderado Global de la Obra
Subir Datos y Fotografías (Terracería, Subbase, Base, Carpeta, Señalam.)	Gráfica por Cadenamiento	
Subir Datos Adicionales (Drenaje Pluvial, Ob. Inducidas)	Listado fechas y conceptos	
Ampliación de terracerías, obras de drenaje, pavimento de concreto asfáltico, obras complementarias y señalamiento en el subtramo del km. 245+000 al 245+400 de la carretera XX en el Estado de Nuevo León. <input type="text" value="3"/> <input type="text" value="4"/>		
Constructora: XXXXXXXX	Residente: XXXXXXXX	

2- Un reporte de obra (En la tabla derecha), con los siguientes resultados:

- Estimación de Avance:

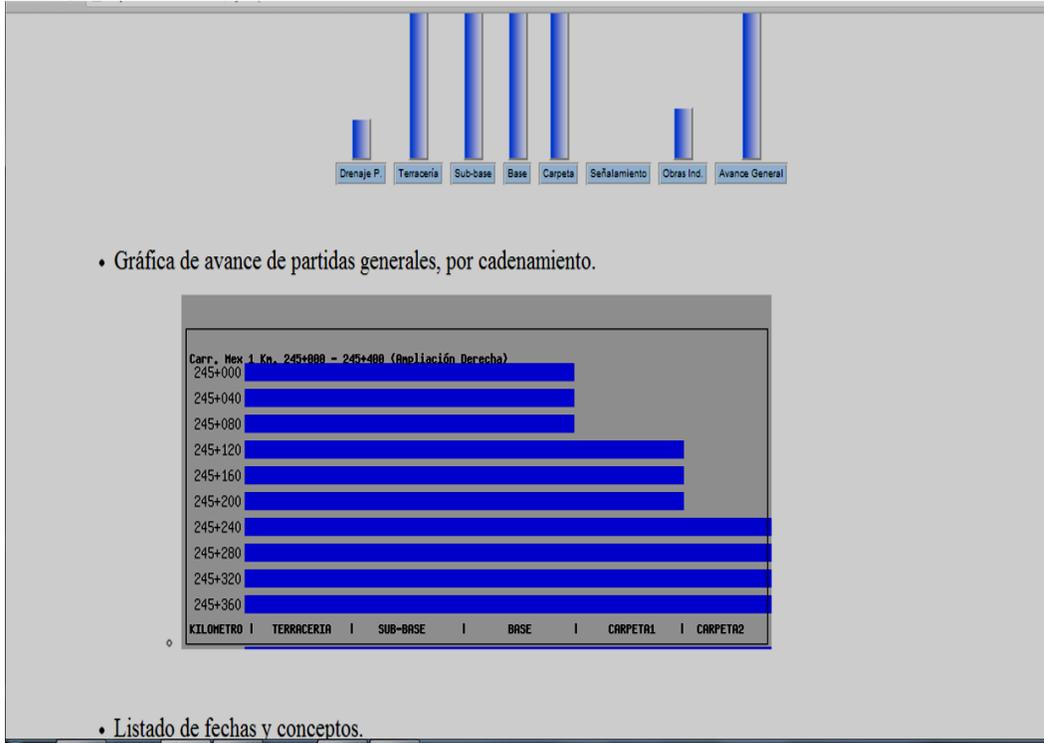
Partida.	Monto.	
Concepto	Porcentaje	Monto
Drenaje Pluvial	15.53 %	\$50,000.00
Terracería	93.24 %	\$276,000.00
Subbase	93.93 %	\$619,000.00
Base	94.14 %	\$578,000.00
Carpeta	74.88 %	\$749,500.00
Señalamiento	0.00 %	\$0.00

Fuente: Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. <http://www.rcadena.com>.

Resultado General	66.77 %	\$2,307,500.00
-------------------	---------	----------------

Con los resultados de la información, se pueden generar diversas gráficas estadísticas que le permita al supervisor llevar un control de avances, etc. (ver la figura 6).

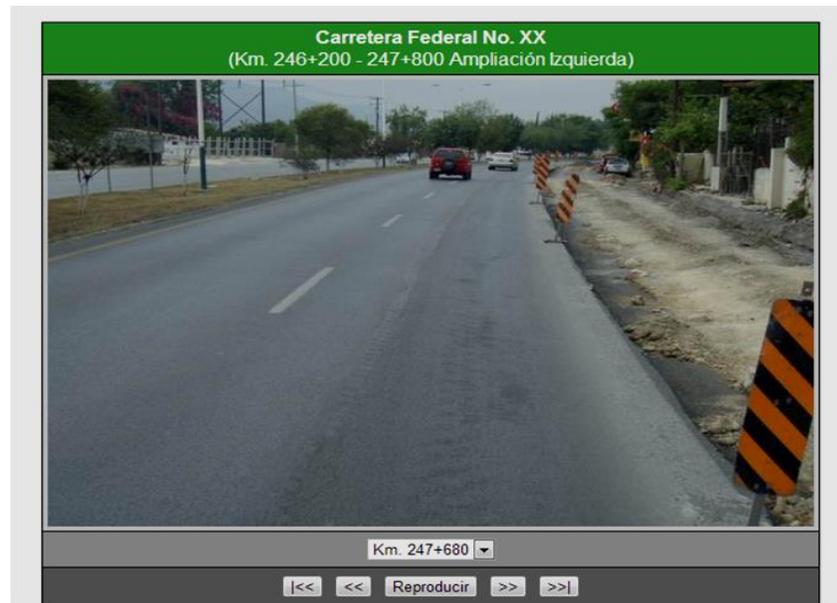
Figura 6. Control de avances



Fuente: Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. <http://www.rcadena.com>.

Las fotografías se clasifican y las presentan con el siguiente formato:

Figura 7. **Formato de fotografías SCT**



Nota: Ampliación izquierda: En el sentido ascendente del Kilometraje

Fuente: Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. <http://www.rcadena.com>.

OBSERVACIONES:

Este tipo de recolección de datos presenta los siguientes inconvenientes:

- Variadas personas intervienen en el procesamiento de datos.
- Los calculistas y revisores se encuentran en las oficinas centrales y no en el campo, no observaron físicamente las obras.
- La información original puede adulterarse o mal interpretarse.

2.4. Beneficios de la aplicación del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real

En la actualidad se han generado varios modelos de monitoreo virtual que mejoran la calidad de la información que se presenta. Esto motivado por la versatilidad de los actuales sistemas de información y del avance continuo de la tecnología.

El monitoreo virtual es un “instrumento de medición, análisis y control de señales físicas con una Computadora Personal, por medios virtuales, con una metodología de programación gráfica”.³⁰. Utiliza la tecnología computarizada para recabar los datos en el campo y los envía al servidor central; los datos son susceptibles de manipulación; porque para ser interpretados, son ordenados y manipulados por los operadores del sistema.

Los datos pueden adulterarse según la interpretación que les dé el operador que interpreta la información.

Monitoreo en tiempo real:

Con el sistema de información en tiempo real se podrá mejorar La calidad de la información, el tipo de presentación y contar, con una mayor certeza de los resultados.

La certeza depende de la abundancia de datos adecuados, de la frecuencia con que se realiza el monitoreo y de la veracidad de los resultados que se presentan.

³⁰ Chacón R., R. 2002.La Instrumentación Virtual en la Enseñanza de la Ingeniería Electrónica. Revista: Acción pedagógica. v. 11. 74 p. Consultado ene. 2012. http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17071/1/art8_v11n1.pdf.

Dependiendo de los equipos y de la capacidad del sistema, el monitoreo virtual se puede convertir en un proceso de seguimiento de proyectos viales en tiempo real; si cumple con lo definido en el tema proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real, página 21, de este documento.

Significa que el usuario puede ver los resultados, casi en forma inmediata. La visualización inmediata depende del tiempo que el internet traslade la información desde el momento del envío en campo hacia el servidor. No requiere de nueva digitalización, ni de la intervención de operador distinto al que lo envió.

Los resultados en tiempo real son más confiables, por restringir la manipulación de la información a terceras personas.

3. MODELO DE APLICACIÓN Y USO DEL PROCESO DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE PROYECTOS VIALES EN TIEMPO REAL

El sistema de seguimiento y control de proyectos viales en tiempo real está estructurado para la supervisión y el gerenciamiento de proyectos. Está capacitado para llevar el control de los procesos constructivos durante las distintas fases de la ejecución de obra. Este sistema abarca opciones desde la creación del proyecto, en el cual se debe registrar toda la información inicial del alcance, con datos como renglones de trabajo, programación de procesos, segmentación de tramos, información de contactos de supervisor y contratista, etcétera; pudiendo incorporar toda información adicional que sea del interés del cliente.

El sistema permite registrar eventos tales como revisión y verificación de renglones procesos de control de calidad, programación de trabajo, revisión de diseños, y el registro continuo de los trabajos que se ejecutan para poder mantener una relación actualizada en tiempo real del avance físico y financiero de la obra, pudiendo así, controlar toda la ejecución de obra de manera eficiente. Lleva un control numérico y fílmico de los trabajos que se ejecutan en los proyectos.

El sistema cuenta con varios módulos que permiten llevar la secuencia de los trabajos monitoreados.

3.1. Módulo de monitoreo y seguimiento de proyectos

Lleva un control numérico, fotográfico y fílmico de los trabajos que se ejecutan en el proyecto, mediante el uso de teléfonos y aplicaciones móviles. Este sistema de registro se complementa con una aplicación web que permite la consulta de los datos recabados en campo, para su verificación y la aprobación de los trabajos ejecutados. El proceso registra por medio de GPS³¹, las coordenadas físicas de las estaciones donde se realiza cada trabajo y mediante algoritmos internos se pueden conocer las cantidades de obra ejecutadas diariamente; las cuales están respaldadas por fotografías y mediciones.

Se tiene en “tiempo real”, la información detallada de los avances físicos, financieros y de los plazos de ejecución de la obra. Con esto, se podrá obtener un mayor grado de eficiencia, control y transparencia de la gestión optimizando los costos de ejecución, rapidez en la atención de las obras y obtener mayor certeza de lo ejecutado.

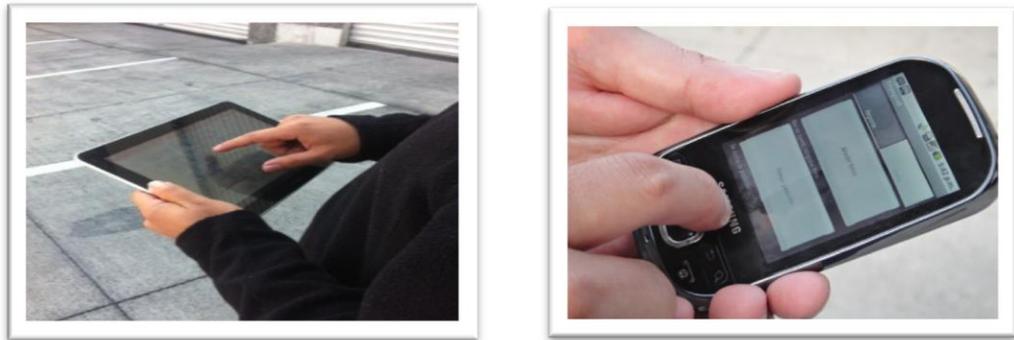
El envío de datos a la página web, se realiza desde el momento que el técnico/supervisor termina de hacer el levantamiento de datos. Los dispositivos están equipados con un servicio de conexión a internet, entre el dispositivo y el servidor de recepción. Desde ese momento la información, puede ser consultada.

La información se puede imprimir en formatos como Excel, PDF o Word, para que se pueda analizar, desde cualquier lugar donde se encuentren los ingenieros o los directores de las obras.

³¹ Ibid: p. 15

El registro de avance de las obras puede ser visualizado por medio de dispositivos móviles (teléfono o tablet), mediante una aplicación diseñada para el levantamiento y presentación de los datos.

Figura 8. **Algunos modelos de equipo a usar**



Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

Figura 9. Tipo de reporte de avance de obras

Tramo :	QUETZALTENANGO - SAN JUAN OSTUNCALCO		
Departamento :	Quetzaltenango	Longitud (Km) :	10.85
Contratista :			
Monto original :			
Supervisor :			

	
Estación : 9.260 Fecha : 06/11/2012	Estación : 9.260 Fecha : 06/11/2012
Descripción	Descripción
Disipadores de energia	Muro de tierra armada finalizado

INFORME
 Se realizaron los siguientes trabajos: Recuperación del pavimento existente: de la Est. 0+000 a la Est. 1+000, lado derecho, de la Est. 1+000 a la Est. 1+100, ambos lados, colocación de carpeta asfáltica (2 capas de e=5cm cada una) de la Est. 0+000 a la Est. 1+000, lado derecho y de la Est. 1+000 a la Est. 1+100, ambos lados.
 Se observan un alto porcentaje de piel de lagarto y grietas longitudinales, ambos daños de severidad alta; así como un bajo porcentaje de parches de severidad media, baches y desprendimiento de severidad baja.
 Existen defensas metálicas dañadas en las estaciones: 7+880 y 9+500. Se construyeron muros de tierra armada en los siguientes estacionamientos: 9+260, 9+400, 9+770 y 10+000, el paso esta habilitado en estos puntos.
 Al momento de la visita se ejecutaban trabajos de limpieza en la Est. 1+300, por la empresa L-158.

Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

El sistema proveerá los informes periódicos requeridos por los directores de las obras.

Los informes se pueden estructurar de manera que puedan utilizarse como informes para solicitud de aprobación de las obras. Esto le servirá al supervisor y al contratista para la generación de reportes para estimaciones de pago, evitando el engorroso trabajo de digitar la información en hojas electrónicas con la estructura requerida por las autoridades.

3.2. Módulo de control de calidad en el seguimiento de proyectos

Se puede registrar un control de los daños que ocurran en los tramos no trabajados y se procesará la valoración del estado de los mismos, por medio del sistema de valuación de la condición del pavimento denominado “PCI” (Índice de la Condición del Pavimento), con el cual se puede dar seguimiento al mantenimiento que el contratista le da al pavimento.

Utilizando el PCI se podrá conocer exactamente la extensión, severidad y localización de cada falla y se podrá controlar la mejora del tramo a través de los trabajos de mantenimiento que se ejecuten posteriormente. El valor del PCI nos indica de forma rápida, clara y fácil el estado de condición de la carretera (un valor entre: 100 a 85 es muy bueno, un valor entre 85 a 60 se considera bueno, valores entre 60 a 40 regular, entre 40 a 20 se considera malo y de: 20 a 0 se considera muy malo).

3.3. Módulo de control de ejecución

Este módulo le permite al ingeniero tener una herramienta para el registro en campo, de la ejecución de los renglones de trabajo. Cada vez que el supervisor de campo defina que el contratista demuestra avance físico de cualquiera de los renglones contratados, los registrará desde el dispositivo móvil; registrando el inicio y fin de los trabajos realizados y la cantidad ejecutada, ya sea en metros lineales, cuadrados, cúbicos, galones, etcétera; según el caso.

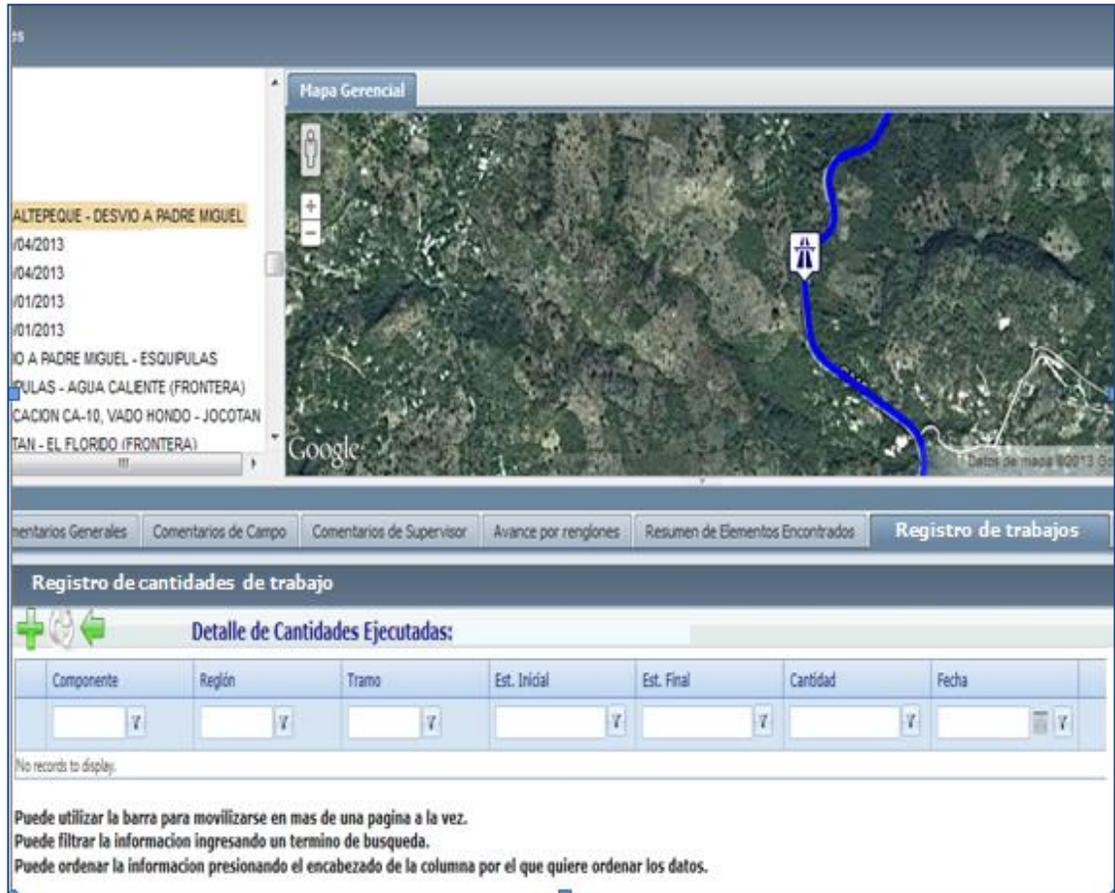
Figura 10. **Pantallas utilizadas para registrar los datos ejecutados en obra**



Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

Los registros de ejecución podrán ser visualizados en forma tabular y de manera inmediata desde la plataforma web o desde un dispositivo móvil, mostrando la ubicación de los trabajos, sobre un mapa. De esa forma la supervisión puede modificar o validar los datos que se han registrado.

Figura 11. Registro de cantidades de trabajo



Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

Los renglones ejecutados podrán compararse contra la planificación de trabajo presentado por el contratista y verificar su progreso y cumplimiento.

Todos los módulos del sistema de supervisión y monitoreo de proyectos tienen la opción de generar informes impresos para los usos que los involucrados necesiten. Los informes impresos se pueden generar en el formato requerido para el trámite de estimaciones de pago.

Como valor agregado a las posibilidades del registro en “tiempo real”, se pueden visualizar los trabajos ejecutados. En el mapa se muestran los puntos en los cuales se están ejecutando los trabajos de campo, pudiendo filtrar los renglones que les interesan. Con esta forma de visualizar los trabajos, el supervisor tiene una forma integral de observar los lugares donde ha se trabajado y puede verificar los lugares donde no hay ejecución y compararlo con lo planificado.

3.4. Módulo del aseguramiento de calidad

Este módulo le permite al ingeniero supervisor ejecutar el registro, seguimiento y visualización de todos los ensayos de laboratorio que se realicen en la obra. Registra los resultados de los ensayos y le permite tomar decisiones respecto a las secciones de trabajo, que se deben aprobar y las que requieren de un reemplazo o mejora.

El supervisor de obra registra en “tiempo real”, los resultados de los ensayos de calidad de las obras, por ejemplo: los ensayos realizados con el densímetro normal, con penetrómetro o con densímetro nuclear; registra los ensayos de humedad de los materiales, etcétera. Los resultados se registran en el momento y en el lugar del ensayo.

Figura 12. **Registro en tiempo real de pruebas de laboratorio**



Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

Quando las muestras son sometidas a ensayos de laboratorio, el supervisor puede generar la orden de manera inmediata y en línea, desde el sitio de la extracción de muestras. En el sistema se genera la identificación y ubicación de la muestra. Posteriormente se completa la información con los resultados de laboratorio.

Con el uso de este módulo, se genera el registro histórico de todos los ensayos y el registro de la ubicación geográfica de los ensayos.

En la figura 13 se muestra la pantalla que se genera, con los datos de los ensayos de laboratorio.

En la pantalla se visualiza el nombre del tramo donde se realizó la toma de las muestras para ensayarlas en el laboratorio. Se identifica la fecha de ejecución de cada ensayo realizado, se identifica la ubicación del sitio de la toma de muestra de acuerdo al kilometraje de la carretera, se indica el tipo de ensayo de laboratorio, se pueden consignar las observaciones que el supervisor considere pertinentes y se detalla el valor de los resultados. Se definen las coordenadas geográficas de la estación donde se ejecutó la toma de la muestra a ensayar en el laboratorio.

Figura 13. Registro de ubicación de las pruebas de laboratorio

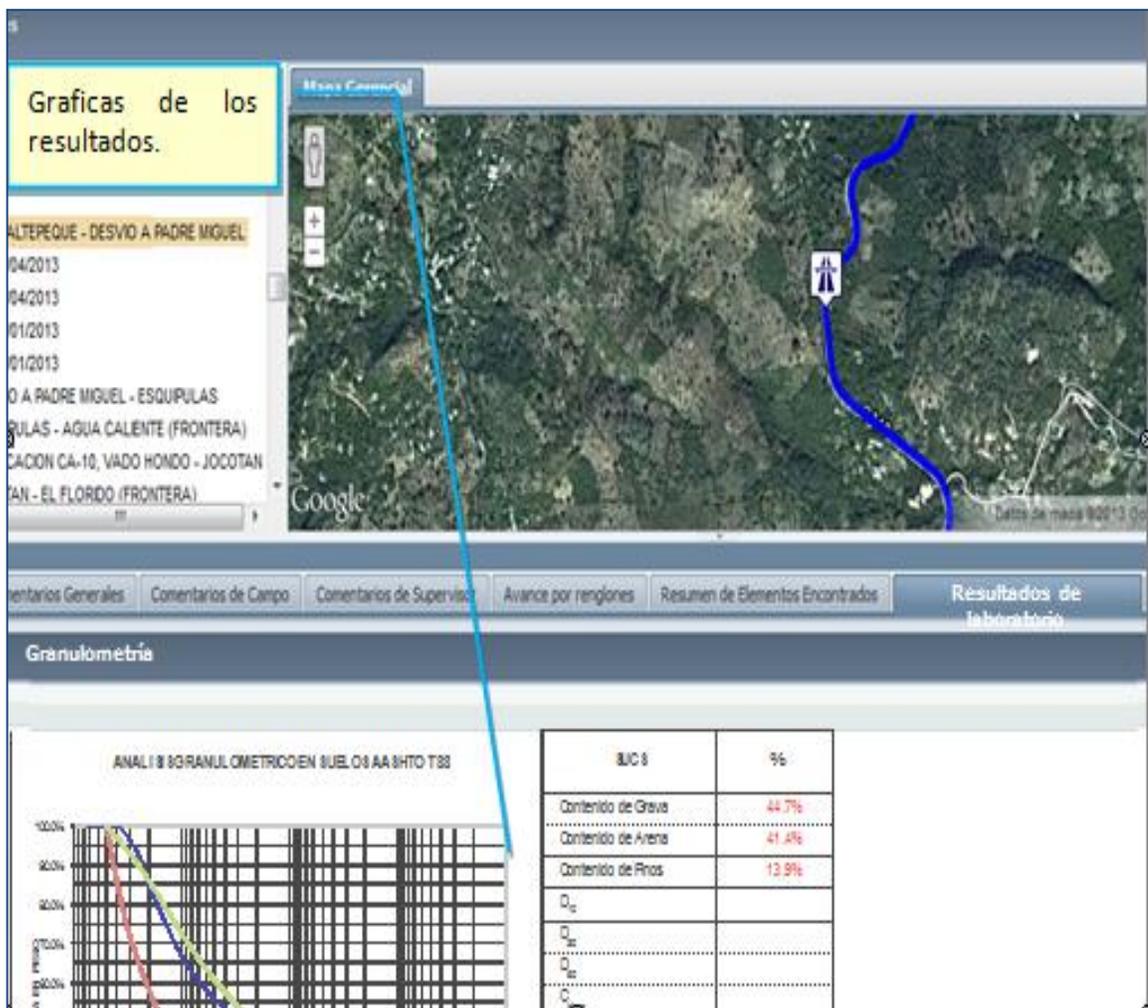
The screenshot displays a web-based interface for project management. At the top, there is a 'Mapa Gerencial' (Management Map) showing a satellite view of a road network with a blue line indicating a specific route. Below the map, a list of road segments is visible, including 'ALTEPEQUE - DESVIO A PADRE MIGUEL'. Below the map, there are several tabs: 'Comentarios Generales', 'Comentarios de Campo', 'Comentarios de Supervisor', 'Avance por renglones', 'Resumen de Elementos Encontrados', and 'Ensayos Realizados'. The 'Ensayos Realizados' tab is active, showing a table with the following data:

Fecha	Estación	Ensayo	Observaciones	Resultados	Latitud	Longitud
			-			
12/01/2013	190+300	Proctor Modificado	-	Detalle	14.923201	-92.101112
25/01/2013	189+125	CBR	-	Detalle	14.861735	-92.103403
07/02/2013	180+130	Densidad	-	Detalle	14.855779	-92.096772
10/02/2013	202+780	Densidad	-	Detalle	14.709752	-92.099698
12/03/2013	205+800	Extracción de núcleo	-	Detalle	14.718854	-92.014977
17/04/2013	201+225	Extracción de núcleo	-	Detalle	14.627887	-91.769044

Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

La consulta de los resultados de ensayos de laboratorio se puede realizar desde el sistema, se pueden presentar como cuadros resumen y se pueden visualizar los resultados en forma de gráficas. La memoria de cálculo, cuando sea necesario, se adjuntará como un archivo adjunto (ver la figura 14).

Figura 14. Registro de resultados de laboratorio y gráficas



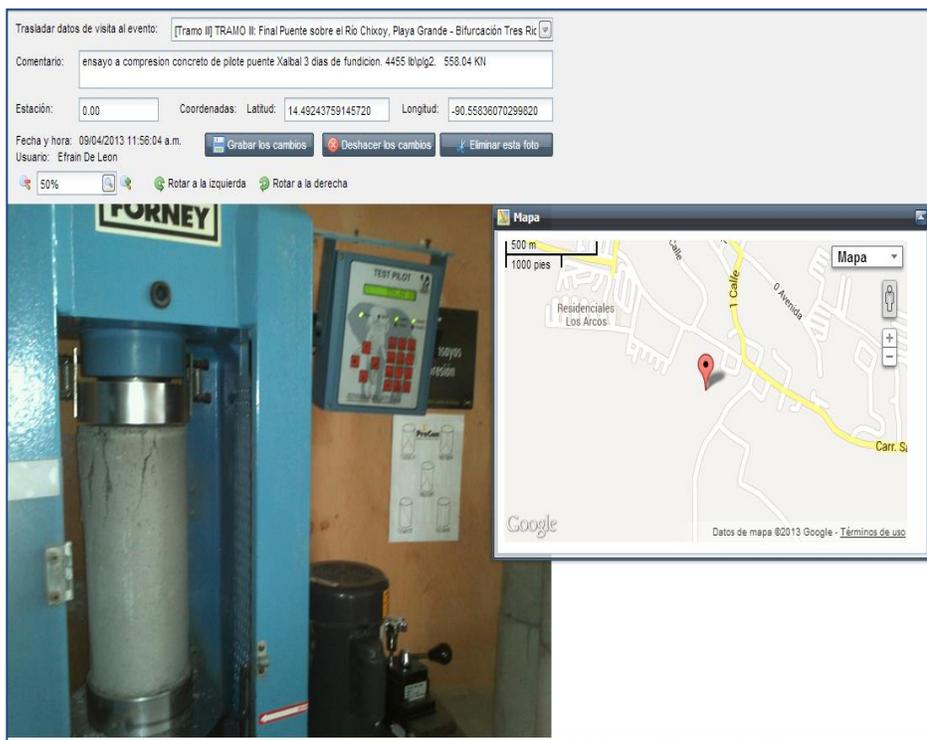
Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

El supervisor puede registrar en el dispositivo móvil, todas las fotografías que considere convenientes para evidenciar los trabajos realizados.

Para evitar la alteración de la información reportada, todas las fotografías que se tomen por medio de este sistema, se almacenan de acuerdo a la fecha de la ejecución del ensayo. En el gráfico de resultado se indica la fecha y hora en que se ejecutó el ensayo, se indica el supervisión que presenció el ensayo y se indican las coordenadas del sitio donde se ejecutó el ensayo mediante las coordenadas que se obtienen directamente de las lecturas de GPS.

Se puede visualizar todo el historial tanto fotográfico como de ensayos realizados.

Figura 15. Registro de resultados de ensayos en laboratorio



Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

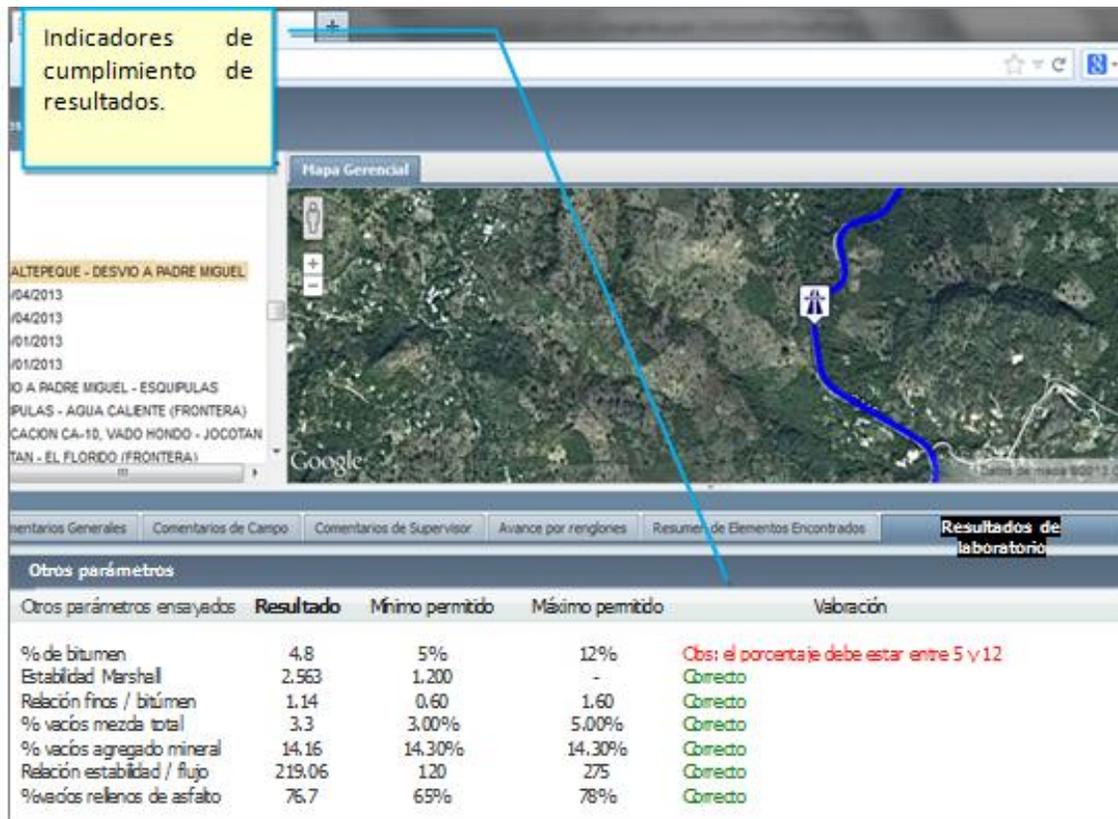
En la pantalla general de ensayos, se podrá consultar la información general de cada prueba ejecutada.

El supervisor puede revisar detenidamente todo el detalle de los resultados de laboratorio obtenidos, mediante la observación de los Indicadores de Cumplimiento de Resultados.

Cuando un resultado es menor que el valor aceptado de acuerdo a las Especificaciones Generales para la Construcción de carreteras (Libro Azul), el programa marcará el resultado en color rojo e indicará la observación, con los límites requeridos.

Se indicará para cada uno de los ensayos si cumple o nó con la calidad requerida de acuerdo a las especificaciones. El módulo de calidad enviará alertas a todos los involucrados, indicando el incumplimiento de la norma de calidad de acuerdo con el valor del resultado del ensayo.

Figura 16. Registro general de resultados de ensayos en laboratorio



Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012

El Programa de Control de Calidad utiliza los siguientes parámetros para evaluar el cumplimiento de la calidad de la obras, de acuerdo al tipo de ensayo e indica la frecuencia con que se deben efectuar los ensayos. A continuación se despliega la tabla I con los tipos de ensayos y la frecuencia especificada de ejecución.

Tabla I. Frecuencia mínima de muestreo y ensayos de laboratorio

ACTIVIDAD DE CONTROL	TIPO DE ENSAYO		FRECUENCIA DE ENSAYOS	OBSERVACIONES
	DENOMINACIÓN	NORMA		
I. BANCOS DE PRESTAMO	Verificación de volumen		Cuatro (4) por hectárea	
	Humedad Natural	AASHTO T 265	Uno (1) cada 20,000 m ³	
	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T 27	Uno (1) cada 20,000 m ³	
	Limites de Atterberg	AASHTO T 89 AASHTO T90	Uno (1) cada 20,000 m ³	
	Clasificación de Suelos	AASHTO M 145	Uno (1) cada 20,000 m ³	
	Compactación	AASHTO T 180	Uno (1) cada 20,000 m ³	Método "A" o "D" para suelos con pasa o un <u>retenido</u> en el tamiz No 4 menor o <u>mayor</u> del 5% respectivamente
	Valor Soporte California (CBR)	AASHTO T 193	Uno (1) cada 20,000 m ³	
II. TERRAPLENES (sección 203)	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T27	Uno (1) cada 10,000 m ³	
	Limites de Atterberg	AASHTO T 89 AASHTO T90	Uno (1) cada 10,000 m ³	
	Clasificación de Suelos	AASHTO M 145	Uno (1) cada 10,000 m ³	
	Compactación	AASHTO T 180	Uno (1) cada 4,000 m ³ o en su defecto, uno (1) por cada capa construida de volumen menor de 4,000 m ³	Método "A" o "D" para suelos con pasa o un <u>retenido</u> en el tamiz No 4 menor o <u>mayor</u> del 5% respectivamente

Continuación de la tabla I.

	Valor Soporte California (CBR)	AASHTO T 193	Uno (1) cada 20,000 m ³	
	Densidad de Campo	AASHTO T 191	Una (1) cada 100m hasta 0.6 m por debajo de la subrasante, luego Una (1) cada 50 m. Todas en forma alternada: izquierda, centro y derecha.	
III. SUBRASANTE (Sección 301)	Calicatas de Estudio		Cada 500m, un estudio completo para cada material encontrado hasta 1.5 m de profundidad	
	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T27	Uno (1) cada 4,000 m ³	
	Limites de Atterberg	AASHTO T 89 AASHTO T90	Uno (1) cada 4,000 m ³	
	Clasificación de Suelos	AASHTO M 145	Uno (1) cada 4,000 m ³	
	Compactación	AASHTO T 180	Uno (1) cada 2,000 m ³ o en su defecto, uno (1) por cada capa construida de volumen menor de 2,000 m ³	Método "A" o "D" para suelos con pasa o un <u>retenido</u> en el tamiz No 4 menor o <u>mayor</u> del 5% respectivamente
	Valor Soporte California (CBR)	AASHTO T 193	Uno (1) cada 8,000 m ³	
	Densidad de Campo	AASHTO T 191	Una (1) cada 50m en los últimos 60 cm por debajo de la Subrasante. En forma alternada: izquierda, Centro y Derecha.	

Continuación de la tabla I.

	Deflexiones	AASHTO T 256	Un (1) ensayo cada 100m por carril, en forma alternada para cada carril.	
IV. SUBBASE GRANULAR (Sección 304)	Humedad Natural	AASHTO T 265	Uno (1) cada 2,000 m ³	
	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T27	Uno (1) cada 3,000 m ³ Colocados	Uno (1) cada 500 m ³ para los primeros 3,000 m ³ producidos
	Limites de Atterberg	AASHTO T 89 AASHTO T90	Uno (1) cada 3,000 m ³ Colocados	
	Equivalente de Arena	AASHTO 176	Uno (1) cada 3,000 m ³ Colocados	
	Valor Soporte California (CBR)	AASHTO T 193	Uno (1) cada 3,000 m ³ Colocados	Uno (1) cada 500 m ³ para los primeros 3,000 m ³ producidos
	Compactación	AASHTO T 180 D	Uno (1) cada 500 m lineales o en su defecto, uno (1) por cada capa construida con un volumen menor de 1,500 m ³	
	Densidad de Campo	AASHTO T 191	Una (1) cada 50m lineales, en forma alternada: izquierda, Centro y Derecha.	
	Deflexiones	AASHTO T 256	Un (1) ensayo cada 100m por carril, alternados con el carril contrario.	

Continuación de la tabla I.

V. BASE TRITURADA (Sección 305)	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T27	Uno (1) cada 500 m ³ Producidos	
	Partículas Planas y Alargadas	ASTM 4791	Uno (1) cada 5,000 m ³ Colocados	Uno (1) cada 100 m ³ para los primeros 1,000 m ³ producidos
	Caras Fracturadas		Uno (1) cada 5,000 m ³ Colocados	Uno (1) cada 100 m ³ para los primeros 1,000 m ³ producidos
	Peso Unitario	AASHTO T 19	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	
	Limites de Atterberg	AASHTO T 89 AASHTO T90	Uno (1) cada 1,000 m ³ Producidos	
	Equivalente de Arena	AASHTO T 176	Uno (1) cada 1,000 m ³ Producidos	
	Desgaste "Los Ángeles"	AASHTO T 96	Uno (1) cada 10,000 m ³ Producidos	Uno (1) cada 2,000 m ³ para los primeros 10,000 m ³ producidos
	Compactación	AASHTO T 180 D	Uno (1) cada 1,000 m ³ colocados o en su defecto, uno (1) por cada turno de producción.	
	Valor Soporte California (CBR)	AASHTO T 193	Uno (1) cada 5,000 m ³ Colocados	Uno (1) cada 500 m ³ para los primeros 3,000 m ³ producidos
	Densidad de Campo	AASHTO T 191	Una (1) cada 50m lineales, en forma alternada: izquierda, Centro y Derecha.	

Continuación de la tabla I.

	Deflexiones	AASHTO T 256	Un (1) ensayo cada 100m por carril, alternados con el carril contrario.	
	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T27	Uno (1) cada 500 m ³ Producidos	
	Partículas Planas y Alargadas	ASTM 4791	Uno (1) cada 2,000 m ³ Producidos	
	Caras Fracturadas		Uno (1) cada 2,000 m ³ Producidos	
	Peso Unitario	AASHTO T 19	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	
	Limites de Atterberg	AASHTO T 89 AASHTO T90	Uno (1) cada 2,000 m ³ Producidos	
	Equivalente de Arena	AASHTO T 176	Uno (1) cada 1,000 m ³ Producidos	
	Desintegración al SO ₄ Na ₂	AASHTO T 104	Uno (1) cada 10,000 m ³ Producidos	
	Desgaste "Los Ángeles"	AASHTO T 96	Uno (1) cada 10,000 m ³ Producidos	
	Cemento	AASHTO M 85	Un (1) certificado de calidad proporcionado por el proveedor por cada 75.0 Tn o en su defecto, por cada partida recibida menor de 75.0 Tn	
	Calidad del agua	AASHTO T 26	Un (1) ensayo de calidad por cada cambio de fuente de aprovisionamiento	

Continuación de la tabla I.

	Compactación	AASHTO T 180 D	Uno (1) cada 1,000 m ³ colocados o en su defecto, uno (1) por cada turno de producción.	
	Resistencia a la Compresión	AASHTO D 1632 AASHTO D 1632	Uno (1) cada 1,000 m ³ colocados o en su defecto, uno (1) por cada turno de producción.	Un (1) ensayo cada 500 m ³ para los primeros 5,000 m ³ colocados. Un (1) ensayo es el resultado de la rotura de tres probetas.
	Humedecimiento y Secado	AASHTO T 135	Uno (1) cada 20,000 m ³ colocados	
	Densidad de Campo	AASHTO T 191	Una (1) cada 50m lineales, en forma alternada: izquierda, Centro y Derecha.	
	Deflexiones	AASHTO T 256	Un (1) ensayo cada 100m por carril, alternados con el carril contrario.	
VII. SELLOS ASFÁLTICOS (Sección 405)	Muestreo de Material Bituminoso	AASHTO T 40	Un (1) muestreo por cada partida recibida	
	Certificado de Calidad	AASHTO M 82 AASHTO M 140 AASHTO M 208	Un (1) certificado de calidad proporcionado por el proveedor por cada partida recibida	
	Temperatura de Material		Un (1) control previo a cada riego	
	Temperatura Ambiente		Un (1) control previo a cada riego	

Continuación de la tabla I.

	Estado de la Superficie		Un (1) control previo a cada riego	
	Tasa de Aplicación		Una (1) determinación por cada riego asfáltico	
VIII. RIEGO DE LIGA (Sección 408)	Muestreo de Material Bituminoso	AASHTO T 40	Un (1) muestreo por cada partida recibida	
	Certificado de Calidad	AASHTO M 82 AASHTO M 140 AASHTO M 208	Un (1) certificado de calidad proporcionado por el proveedor por cada partida recibida	
	Temperatura de Material		Un (1) control previo a cada riego	
	Temperatura Ambiente		Un (1) control previo a cada riego	
	Estado de la Superficie		Un (1) control previo a cada riego	
	Tasa de Aplicación		Una (1) determinación por cada riego asfáltico	
	IX. MEZCLAS ASFÁLTICAS (Sección 309)(División 400)	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T 27	Uno (1) cada 400 m ³ Pde cada tamaño producido, o en su defecto, uno (1) para cada tamaño en cada turno de producción
Partículas Planas y Alargadas		ASTM 4791	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	Un (1) ensayo cada 100 m ³ para los primeros 5,000 m ³
Caras Fracturadas			Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	Un (1) ensayo cada 100 m ³ para los primeros 5,000 m ³
Angularidad del Agregado Fino		AASHTO TP 33 A	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	Un (1) ensayo cada 100 m ³ para los primeros 5,000 m ³

Continuación de la tabla I.

	Peso Unitario	AASHTO T 19	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	
	Gravedad Especifica	AASHTO T 84 AASHTO T 85	Uno (1) para cada tamaño correspondiente a una cantidad global de 7,000 m ³ Producidos	
	Limites de Atterberg	AASHTO T 89 AASHTO T90	Uno (1) cada 2,000 m ³ de material fino producido	
	Equivalente de Arena	AASHTO T 176	Uno (1) cada 1,000 m ³ de material fino producido	
	Desintegración al SO ₄ Na ₂	AASHTO T 104	Uno (1) cada 10,000 m ³ producidos de cada tamaño	
	Desgaste "Los Ángeles"	AASHTO T 96	Uno (1) cada 10,000 m ³ producidos de cada tamaño	Un (1) ensayo cada 2,000 m ³ para los primeros 10,000 m ³
	Adherencia Agregado - Bitumen	AASHTO T 182	Uno (1) cada 10,000 m ³ producidos	
	Adherencia Riedel-Weber	LNV 10-86	Uno (1) cada 4,000 m ³ producidos	Norma de Chile
	Muestreo de Cemento Asfáltico	AASHTO T 40	Un (1) muestreo por cada partida recibida	
	Certificado de Calidad del AC		Un (1) certificado de calidad proporcionado por el proveedor para cada partida recibida.	
	Temperatura del AC		Control permanente	
	Calibración de Planta Asfáltica		Una (1) por cada día de producción	
	Temperatura de la MAC		Control permanente durante la producción	

Continuación tabla I.

	Muestreo de la MAC	AASHTO T 268	Uno (1) cada 500 toneladas	
	Ensayo Marshall	AASHTO T 245	Uno (1) cada 500 toneladas o en su defecto, Uno (1) por cada turno de producción	Cada ensayo esta compuesto por la evaluación de cinco (5) probetas
	Densidad de Laboratorio	AASHTO T 166		
	Gravedad Especifica Máxima	AASHTO T 209		
	Vacios Reales	AASHTO T 269		
	Estabilidad Remanente	AASHTO T 165	Uno (1) cada 2,000 toneladas producidas	
	Contenido de Cemento Asfáltico	AASHTO T 164	Uno (1) cada 500 toneladas o en su defecto, Uno (1) por cada turno de producción	
	Graduación de Post Extracción	AASHTO T 30		
	Temperatura de Recepción		Una (1) por cada camión recibido	
	Temperatura de Compactación		Control permanente	
	Grado de Compactación	AASHTO T 166	Uno (1) cada 360 m ² , en forma alternada: izquierda, centro y derecha de cada carril	
		AASHTO T 230		
	Control de Espesores	AASHTO T 230	Uno (1) cada 360 m ² , en forma alternada: izquierda, centro y derecha de cada carril	
Rugosidad (IRI)		Una (1) evaluación completa al finalizar la ejecución de la Carpeta Asfáltica	Una (1) Evaluación para los primeros 5.0 Km construidos	

Continuación de la tabla I.

	Deflexiones	AASHTO T 256	Un ensayo cada 100m por carril, alternados con el carril contrario	
X. TRATAMIENTOS ASFÁLTICOS SUPERFICIALES (Sección 404)	Análisis Granulométrico	AASHTO T 11 AASHTO T 27	Uno (1) cada 400 m ³ Pde cada tamaño producido, o en su defecto, uno (1) para cada tamaño en cada turno de producción	Un (1) ensayo cada 200 m ³ para los primeros 1,000 m ³
	Partículas Planas y Alargadas	ASTM 4791	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	Un (1) ensayo cada 100 m ³ para los primeros 5,000 m ³
	Caras Fracturadas		Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	Un (1) ensayo cada 100 m ³ para los primeros 5,000 m ³
	Polvo en Agregados	AASHTO T 11		Un (1) ensayo cada 100 m ³ para los primeros 5,000 m ³
	Angularidad del Agregado Fino	AASHTO TP 33 A	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	
	Peso Unitario	AASHTO T 19	Uno (1) cada 5,000 m ³ Producidos	
	Gravedad Especifica	AASHTO T 84 AASHTO T 85	Uno (1) para cada tamaño correspondiente a una cantidad global de 7,000 m ³ Producidos	
	Desintegración al SO ₄ Na ₂	AASHTO T 104	Uno (1) cada 10,000 m ³ producidos de cada tamaño	
	Desgaste "Los Ángeles"	AASHTO T 96	Uno (1) cada 10,000 m ³ producidos de cada tamaño	Un (1) ensayo cada 2,000 m ³ para los primeros 10,000 m ³

Continuación de la tabla I.

	Resistencia al desviamiento	Método DGC		
	Muestreo de Material Asfáltico	AASHTO T 40	Un (1) muestreo por cada partida recibida	
	Calidad del Material Asfáltico	AASHTO M 20 AASHTO M 140 AASHTO M 208	Un (1) certificado de calidad proporcionado por el proveedor para cada partida recibida.	
	Temperatura Material Asfáltico		Control permanente	
	Distribución de Material Asfáltico		Una (1) por cada día de producción	
	Rugosidad (IRI)		Una (1) evaluación completa al finalizar la ejecución de la Carpeta Asfáltica	Una (1) Evaluación para los primeros 5.0 Km construidos
	Deflexiones	AASHTO T 256	Un ensayo cada 100m por carril, alternados con el carril contrario	

Fuente: Sistemas de gerenciamiento de proyectos. Gisystems, mayo 2012.

4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Descripción de métodos

Para efecto de poder comparar los resultados de utilizar el método tradicional y el método en tiempo real, se trabajó en la captura de algunos datos empleando los dos métodos, en el proyecto de construcción de la carretera Tramo III del Proyecto Franja Transversal del Norte, en la República de Guatemala.

4.1.1. Descripción del método tradicional

Se considera como método tradicional de recolección de datos, el procedimiento descrito en este documento en el inciso: 1.1 Definición del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales, la forma tradicional de recolección de datos se realiza mediante el llenado de boletas previamente diseñadas, las cuales se llenan manualmente en el campo, por los inspectores de obra y los supervisores. En las boletas se anota manualmente los datos de las mediciones de los trabajos ejecutados y se toman algunas fotos representativas de la obra construida o en su proceso de construcción. Se adjuntan las fotos más representativas a criterio del supervisor y el resto se archivan o se pierden.

Esto conlleva una gran acumulación de boletas que posteriormente son procesadas y calculados los volúmenes, en el gabinete por los calculistas. Los resultados se envían para la revisión y análisis de los ingenieros supervisores, con el objetivo de ser el soporte, para elaborar los informes correspondientes.

A los informes se les adjunta las fotografías tomadas en campo, las cuales primero deben ser procesadas y ordenadas para que correspondan al proyecto y se clasifican según la actividad realizada y según el día en que fueron tomadas.

Cuando los proyectos son lejanos a la ciudad capital, como el caso del Proyecto de Construcción de la Franja Transversal del Norte, los informes se levantan en campo por la cuadrilla de supervisión. Se procesan en las oficinas de campo y estas son enviadas a las oficinas centrales, para la revisión y procesamiento de las planillas de estimación de obras. La distancia entre la obra y las oficinas centrales es muy lejana, para este caso más de 500 kilómetros de distancia. Esto obliga a que la información se tenga que enviar; por lo menos una semana después de ser levantada en campo. Ya puesta la información en las oficinas centrales, se tiene que revisar, ordenar y clasificar, para ser presentada a las autoridades contratantes de la obra. Se tiene que invertir en los gastos de traslado desde la obra a las oficinas centrales de la supervisión. Gasto que encarece el costo de la recolección de la información.

Esto conlleva que la información le llegue a las autoridades de más alto nivel, con mucho tiempo de retraso. Esto ocasiona que las resoluciones, que requieren de su intervención son tardías por no tener la información de manera inmediata.

Si hay que efectuar una modificación en campo, la consulta de su aprobación se atrasa, por tener que esperar que esta llegue a las oficinas en la ciudad, se analice y venga de retorno, esta situación encarece más la recolección de la información.

Para el caso de eventos significativos o emergencias que requieren respuesta inmediata por parte de las autoridades de alto nivel, la información recolectada con esta metodología pierde significancia, por ser lenta. Cuando suceden emergencias, la información llega en forma tardía a las autoridades, pierde la validez que se requiere para estos casos.

Se adjunta a continuación algunos ejemplos de las boletas de levantamientos de campo que se utilizan para el registro de avances de obra. Estos se llenan manualmente, algunas veces se pasan en limpio y en ese proceso, puede suceder que se altere, sin desearlo, algún dato y con ello se pierda la fidelidad del documento. O bien puede suceder que la información se extravíe o se archive en lugar incorrecto.

Figura 17. Boleta de informe diario de actividades

INFORME DIARIO DE ACTIVIDADES												
1. IDENTIFICACIÓN												
1.1. Registros de paga	1.2. No. Ites			CHAPEO			1.3. No. Ites			LIMPIEZA DE CUNETAS		
				LIMPIEZA ALCANTARILLA						CONFORMACIÓN CUNETAS Y ESPALDONES		
				REHOCIÓN DERRUMBES						RECONSTRUCCIÓN PAVIMENTO		
				PERFILADO								
1.4. Programa:						Código No						
1.5. Departamento:			1.6. Municipio			1.7. Oficio:						
1.8. Centralista					1.9. Supervisor							
2. LOCALIZACIÓN												
2.1. Pista:			2.2. Ruta No			2.3. Estación/Carretera						
2.4. Nombre:												
2.5. Ubicación del trabajo												
2.6. Inicio (Km)			2.7. Localización con referencia									
2.8. Final (Km)			2.9. Localización con referencia									
3. DATOS Y RESPONSABLES DEL TRABAJO												
3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11		3.12
CAMION	VOLUMEN	No	VOLUMEN	TRAMO	ANCHO	LARGO	PROFUND.	ÁREA	ALCANTARILLAS		CANTIDAD	
Placa No	m ³	VIAJES	m ³	No	Metros	Metros	cm	m ²	Km	Dím	Long.	C/U
3.13. TOTAL DERRUMBES			=3			3.14. TOTAL LIMPIEZA DE			=2		3.17. TOTAL LIMP.	
3.15. TOTAL CONF. CUNETAS Y TALUDES			=3			3.15. TOTAL PERFILADO			=2		UNIDADES	
3.18. Inspector Supervisión						3.21. Encargado contratista						
3.19. Nombre						3.22. Nombre						
3.20. Firma						3.23. Firma						
3.24. Fecha	3.25. Municipio	3.26. Municipio	3.27. Puesto	3.28. Empresa	3.29. Municipio	3.30. Municipio	3.31. Puestos	3.32. Empresa	3.33. Trabajo	3.34. Municipio	3.35. Empresa	
3.36. Observaciones												

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Boleta de informe de resultados de laboratorio

INFORME DIARIO												No.
INSPECCIÓN DE LABORATORIO												
1. IDENTIFICACIÓN												
1.1. Nombre de la planta:				1.2. Ubicación:				1.3. Identificación muestra:				
1.4. Nombre de supervisor de laboratorio:				1.5. Laboratorio:				1.7. Fecha:				
1.6. Nombre de técnica de laboratorio:												
2. RESUMEN DE RESULTADOS SOBRE LOS AGREGADOS PÉTREOS												
2.1. Contenido de humedad												
Material	Hera		X _u	X _u Pand	X _u	X _u Pand	X _u	X _u Pand	X _u	X _u Pand	X _u	X _u Pand
	Darificación											
Gruera		X										
Intermedia		X										
Fina		X										
Material 1		X										
Material 2		X										
X _u Total												
X _u Faja Transp.												
2.2. Granulometría												
Material	Darificación	Porcentaje parada										
		19 mm	12.7 mm	9.5 mm	NE 4	NE 8	NE 16	NE 30	NE 50	NE 200		
Gruera	X											
Intermedia	X											
Fina	X											
Material 1	X											
Material 2	X											
X _{Parada} Total												
Especificación												
X _{Par. Faja Transp.}												
3. RESUMEN DE RESULTADOS SOBRE LA MEZCLA ASFÁLTICA												
3.1. ENSAYOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA TEÓRICA (Método utilizado)												
Muestra NE	Calibrador Contenedora	Contenedora Vacía	Muestra	Contenedora r+Muestra	Contenedora r+M+Agua	Máxima Teórica	Abstracción	P. Muestra SSSS	Máxima Teórica con Abstracción	Factor Corrección		
1							Si/No					
2							Si/No					
3.1.1. Promediar						-						
3.2. ENSAYOS A LOS ESPECIMENES MARSHALL												
Especimen	Porazoca	Para Sum	Para SSS	Valumen	Grav. Exp.	Máxima Teor.	Vaciar	Estabilidad	F.C.	ESTAB. C	Flujo	
1												
2												
3												
4												
3.2.1. Promediar						-						
3.3. ENSAYO DE CONTENIDO ASFÁLTICO												
3.3.1. Contenido de asfalto por ignición												
Muestra	Para Mezcla antes	Para Aqeq. Particlar	Trans. Ignición	X Pérdida	FC Mezcla	FC Humedad	FC Temp.	X Arf (PTM)	X Arf (PSA)			
1												
2												
3.3.2. Promediar												
3.3.3. Contenido de asfalto por reflujos () a centrifuga ()												
Muestra	Para Mezcl.	Filtro Antor	Filtro Parto	AG Separada	AG Litra	A. Sep + A. F	FC humedad	FC Conizar	Aqeq Total	X Arf (PTM)	ASF (PSA)	
1												
2												
3.3.4. Promediar												
3.3.5. Contenido de humedad						3.3.7. Contenido de ceniza						
Muestra	Para Mezcl.	Val. Aq. Transp.	FC Humedad		Muestra	Val. Total	Val. Alicuat	Mara Crisal	M. Cris + Con	Mara Coniz	FC Coniza	
1					1							
2					2							
3.3.6. Promediar						3.3.8. Promediar						
3.4. GRANULOMETRÍA DE LA EXTRACCIÓN												
Granulometría		3.4.1. Porcentaje parada										
X _{Parada} Total		19 mm	12.7 mm	9.5 mm	NE 4	NE 8	NE 16	NE 30	NE 50	NE 200	Charala	
Especificación												
3.5. DATOS GENERALES												
Problemas operacionales en el equipo en procedimiento de laboratorio												

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Descripción de un caso práctico de aplicación del seguimiento y monitoreo de proyecto en tiempo real

A efecto de visualizar las posibilidades informáticas del Monitoreo y Seguimiento en Tiempo Real de un proyecto, se presenta parte del Sistema de Información que ha implementado la empresa Supervisora Berger Group, Inc. y la Consultora en Proyectos de Ingeniería Civiles y de Sistemas, S. A. Este procedimiento lo han generado, para realizar sus labores, en el Proyecto Franja Transversal del Norte, en la República de Guatemala.

4.1.2.1. Definición de área geográfica del proyecto a monitorear

Se denomina como: Franja Transversal del Norte –FTN-, a la región ubicada en el nor-este de la República de Guatemala; es una región heterogénea y diversa, tanto desde el punto de vista ambiental, social, cultural, como económico.

“Desde el punto de vista ambiental, un gran porcentaje de la FTN forma parte de las tierras bajas del norte de Guatemala, las cuales se caracterizan por tener suelos frágiles de origen cárstico y con mediano potencial agrícola. La mayor parte de la región presenta características de clima y vegetación subtropical húmedo y muy húmedo.

La FTN es una región eminentemente rural, con potencial para la agricultura. Desde el punto de vista de suelos, la región no es idónea para la agricultura. Estudios recientes muestran que las propuestas agroecológicas en

esta zona generan oportunidad de desarrollo para producción agrícola de mediana escala de manera sustentable”³².

4.1.2.2. Principales indicadores socio económicos de la Franja Transversal del Norte

- Más del 75% de la población que habita en la FTN es indígena.
- El 77% de la población es rural.
- Hay una densidad poblacional media baja de 54 habitante/kilómetro cuadrado.
- Más del 80% de los municipios de la FTN están en pobreza y pobreza extrema.
- El 76% de la población se dedica a actividades agrícolas de subsistencia.

CARACTERISTICAS DEL SECTOR:

- Área de influencia política: municipios de Ixcán y Santa Cruz Barillas, pertenecientes a los departamentos de Quiché y Huehuetenango.
- Área geográfica: Región VII de la Franja Transversal del Norte de Guatemala.
- Antrópica: área rural, con sitios poblados, predominantemente de agricultura de subsistencia y ganadería intensiva, con predominio de

³² Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2009. Plan de Gestión Ambiental Franja Transversal del Norte, Tramo: Playa Grande–Mayaland – San Ramon.

cultivos de granos básicos, con remanentes de bosques y hábitats de vida silvestre.

- Característica étnica: indígenas y ladinos que venden su mano de obra como jornaleros para la agricultura.
- Característica ambiental: bosque muy húmedo, Sub-tropical cálido, actualmente dedicado a la agricultura de subsistencia bajo el sistema de tumba, quema, siembra y abandono. Zona de ganadería a gran escala y agroforestería.

Desarrollo urbano

En la Franja Transversal del Norte se han desarrollado varias poblaciones con orientaciones urbanas definidas, tal los casos de:

- Fray Bartolomé de las Casas: se ha conformado como una ciudad de prestación de servicios.
- Chisec: se ha desarrollado como una ciudad de distribución de la producción agrícola y agroindustrial en mediana escala (envasado de alimentos, valor agregado al café, etc).
- Playa Grande: se ha convertido como una ciudad comercial.
- San Mateo Ixtatán: tiene condiciones para convertirse en el centro del potencial agroforestal del país.

Geología

La FTN se localiza en el área de Ixcán, la cual es una zona geológicamente muy joven, surge a finales de la Era Terciaria debido al choque

de placas tectónicas, lo que provocó el levantamiento del estrecho suelo marino existente entre Norteamérica y Centroamérica.

Los suelos de la zona son de naturaleza Calcárea, existiendo en algunos lugares suelos pizarrosos, resultado de un proceso de metamorfización poco intenso. Hay presencia de fósiles marinos del período Terciario Temprano en el valle del Río Chixoy, lo que indica que durante gran parte de la Era Terciaria el terreno estuvo sumergido.

Geomorfología

El área de Ixcán se localiza en el área norte de los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz y en la parte baja de Petén.

Ixcán es en su mayor parte una extensión llana con pequeñas ondulaciones que sólo llegan ser accidentadas en su límite Sur. Esto contrasta con el resto del departamento de Quiché y de la región, la que es muy accidentada por estar atravesada de oeste a este por la Sierra de los Cuchumatanes. La cabecera municipal se encuentra a una altitud de 160 metros sobre el nivel del mar.

El área es atravesada por la Sierra de Los Cuchumatanes y la Sierra Madre, las cuales son volcánicamente activas. Cuentan con 33 volcanes. La actividad tectónica es también elevada al ser una zona de contacto entre placas, con la consiguiente formación de numerosas fallas. No obstante, la actividad volcánica y sísmica en Ixcán es reducida.

Fisiografía

- Tierras Bajas Interiores de Peten, las cuales están compuestas principalmente por aluviones recientes, arcillas, areniscas, limolitas, arenas calcáreas y conglomerados pertenecientes a la formación Caribe.
- Tierras Altas Sedimentarias, las cuales están compuestas por carbonatos, especialmente calizos, dolomitas, evaporizas y margas.
- La formación Cobán–Ixcoy, Campur del período Cretácico, y las formaciones de Sepur, y grupo Verapaz, son del período Cretácico Terciario.
- Las formaciones en el municipio de Ixcán son especialmente de Rocas Sedimentarias que datan del período Cretácico Terciario de formación Sepur, Campaniano – Eoceno. Predominantemente sedimentos clásticos marinos, incluye formaciones Toledo, Reforma, Cambio y el grupo Verapaz. En el área hay también, una mínima zona de rocas Sedimentarias formadas por aluviones cuaternarios.

Tipo de suelos

El proyecto de la FTN, en la mayor parte de su recorrido está ubicado dentro de la serie de suelos Tzejá y una parte pasa por la serie de suelos Quixtán. los cuales presentan las siguientes características:

La serie de suelos Tzejá se caracteriza por: baja fertilidad, alto riesgo de erosión y son clasificados como de Buen drenaje. Su textura superior es Franco-limosa o bien arcilla-limosa, color superior de café a café oscuro.

Color del subsuelo: café claro a café grisáceo y café rojizo claro. Textura del subsuelo: franco arcillosa.

El material de origen es: esquistos arcillosos y su relieve es inclinado.

Posibles amenazas por el tipo de suelos

En el área del Proyecto, la amenaza de deslizamientos inducidos por sismos es relativamente baja. Si sucedieran deslizamientos, lo más probable es que sean del tipo de derrumbes por ruptura de tierra y escombros y deslizamientos de rocas.

Hidrología

En el área del proyecto se localizan varios ríos entre los cuales se encuentran:

- En la entrada de la población Playa Grande, pasa el río Chixoy llamado también Río Negro, el cual sirve de límite entre los departamentos de Quiché y Alta Verapaz. El río Chixoy presenta crecidas de invierno provocando inundaciones en las zonas bajas cercanas al mismo. Sin embargo, no afectan directamente a la zona del proyecto.
- También se encuentra el río Xalbal o río Chajul.
- Otros ríos importantes por su caudal son el arroyo Negro, el río Yula, el río San Juan y el río Espíritu.

Todos los ríos mencionados, pertenecen a la cuenca del Golfo de México por lo que, el sentido de su recorrido es hacia el norte.

- En el tiempo de lluvia, hay sectores ya identificados que tradicionalmente son anegados por la creciente de los ríos y la creciente se acerca a los linderos de la carretera actual.

Temperatura y humedad promedio

La temperatura promedio anual en el área de Ixcán es de 32 C. y la precipitación promedio de 2,632 mm. Oscilando entre los 2,136 mm y los 4,327mm. La humedad relativa anual es del 81%.

- La época más calurosa suele ser entre abril a septiembre, siendo los meses más calurosos de abril a junio, en los cuales se sobrepasa la temperatura media anual.
- Los meses más fríos son entre octubre a febrero.
- La evapotranspiración potencial puede estimarse en un promedio de 0.45.

Estaciones climáticas

En el sector, se registran dos estaciones climáticas:

- Verano: que es la época seca, que va aproximadamente de mes de diciembre al mes de abril.

- Invierno: es la época lluviosa, la cual aproximadamente dura desde el mes de mayo al mes de noviembre. Los meses más lluviosos suelen ser de junio a octubre.
- Precipitación: en la época más lluviosa se suele sobrepasar los 600 mm y en la época menos lluviosos no se llega a los 100 mm.

4.1.3. Tramo a monitorear en tiempo real

El tramo carretero Playa Grande – Mayaland – Puente Río Espíritu, tiene una longitud aproximada de 64.70 kilómetros y se localiza en los departamentos de Quiché y Huehuetenango.

El Proyecto se desarrolla entre las poblaciones de Playa Grande, municipio Ixcán del departamento de Quiché y las aldeas Mayaland y San Ramón del municipio de Santa Cruz Barillas, del departamento de Huehuetenango.

Características técnicas de la sección de la carretera

La Sección Típica propuesta para el tramo es la: “C” Modificada³³.

De acuerdo a las normas del Departamento Técnico de Ingeniería de la Dirección General de Caminos, de Guatemala, esta debe cumplir con:

³³ Bases de licitación: licitación pública internacional no. Dgc-01-2006 FTN, Para la ejecución del Proyecto Vial denominado Franja Transversal del Norte. Guatemala.

- Sección Típica: dos carriles con ancho de calzada de 3.25 metros por carril.
- Ancho Total de Calzada: 6.50 metros.
- Ancho de Hombros a cada lado: 1.45 metros por lado.
- Ancho de cunetas a cada lado: 1.25 metros por lado
- Ancho total de Derecho de Vía: 25.00 metros
- Radio mínimo de curva: 47.75 metros.

El diseño considera trabajos de acondicionamiento y ampliación del trazo actual de la carretera realizando cortes y rellenos de cajuelas, para uniformizar la terracería, saneando baches y así proceder a la construcción de una subbase granular, una base triturada y capa de rodadura de concreto asfáltico.

En la planificación del trazo de la carretera, se tiene contemplado la ampliación de alcantarillas, construcción de cunetas, subdrenaje, bordillos, instalación de defensas metálicas y señalización.

Se considera que dependiendo del crecimiento del parque vehicular, se pueda ampliar la carretera a cuatro carriles.

Características del levantamiento de monitoreo en tiempo real

La versatilidad de los Sistemas de Información en tiempo real, permiten lograr la presentación de los resultados del monitoreo de proyectos, en el momento mismo en que estos, están aconteciendo.

Como ya se indicó, la información se sube al sistema vía internet y automáticamente aparece en la pantalla de los equipos de cómputo autorizados para el efecto.

La visualización de las obras se puede realizar, según el interés del usuario. El puede escoger el nivel o tipo de información que le interesa y de acuerdo al menú el puede escoger, entre otros lo siguiente:

- Nombre del Proyecto.
- Tipo de obra (construcción, supervisión, rehabilitación, etc.).
- Nombre del Tramo.
- Datos Generales.
- Comentarios Generales.
- Comentarios de Campo.
- Avance por renglones de trabajo.
- Comentarios del Supervisor.
- Avance por Renglones.
- Mapa Gerencial sobre una plataforma de Google Earth, donde se presenta un mapa Geoposicionado, vía satelital, con la descripción a color del tramo vial que se está estudiando.
- Carpeta con fotografías geoposicionadas con la fecha de la toma, la ubicación o estación kilométrica del punto, sus coordenadas geográficas, comentarios, etc.
- Carpeta con videos de la totalidad del recorrido del tramo en estudio, los cuales se pueden visualizar en la pantalla, a requerimiento del interesado autorizado.
- Resumen de Elementos Encontrados.
- Resumen de Daños Encontrados.
- Documentos Adjuntos.
- Mapas del Proyecto.
- Planos de Construcción.

La versatilidad del Sistema de Información en tiempo real, permite agregar las carpetas con información de diversa índole, de acuerdo a lo especificado por el cliente.

El sistema muestra carpetas con fotografías con comentarios y carpetas con documentos de múltiples usos, donde se pueden revisar: Términos de referencia, contratos, especificaciones, se pueden visualizar los planos de construcción aprobados y compararlos con la obra que se observan en el proceso de ejecución, etcétera.

La utilización del sistema en tiempo real, le permite al usuario visualizar el avance diario del proyecto y tomar decisiones acordes a los problemas que detecte en el campo.

A la gerencia del proyecto le permite mantenerse actualizado de las tareas que se están ejecutando.

4.1.4. Aplicación del monitoreo en tiempo real

A continuación se presenta la aplicación del monitoreo y seguimiento del Proyecto de Supervisión de la Construcción del Tramo III de la carretera llamada Franja Transversal del Norte –FTN-.

Este tramo de carretera, inicia en el final del Puente sobre el río Chixoy, ubicado en el kilómetro 515+100, en la población de Playa Grande, Quiché y finaliza el tramo en el kilómetro 580+00 en la bifurcación Tres Ríos del departamento de Huehuetenango.

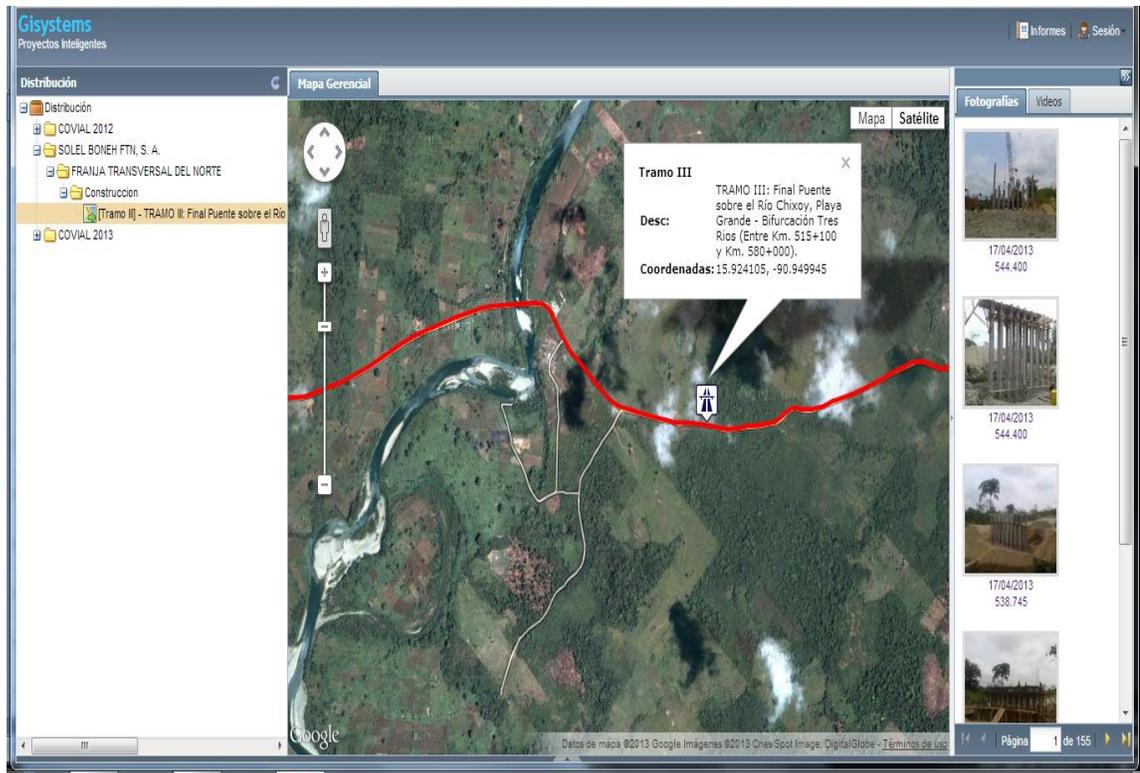
En las pantallas que se muestran en este documento, la carretera en construcción se remarca en rojo, sobre una imagen satelital con sus coordenadas geoposicionadas.

Pantalla de inicio

Al ingresar al sistema, aparece una pantalla dividida en 3 sectores: el primer sector es llamado Distribución, en el cual aparece el contenido de una carpeta con los nombres de los proyectos a los que tiene acceso el sistema.

Para este caso particular, se ingresa a la carpeta llamada: Franja Transversal del Norte. Al darle ingreso nos despliega una subcarpeta llamada Construcción y en ella despliega el archivo: (Tramo III): Final Puente sobre el Río Chixoy, Playa Grande – Bifurcación Tres Ríos (Entre km. 515+100 y Km 580+000). Coordenadas: 15.924105, -90.949945. El segundo sector llamado Mapa Gerencial: El cual muestra una vista aérea del Google Maps, con el detalle de la línea central de la carretera referida, mediante una línea geoposicionada, remarcada en color rojo. El tercer sector contiene 2 carpetas llamadas Fotografías y Videos, en las cuales al ingresar a ellas, se obtendrán los registros fotográficos y videos correspondientes al proyecto, con los detalles de las imágenes, la fecha y hora de las tomas y el kilometraje donde está ubicada la obra.

Figura 20. Ubicación del proyecto



Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN – Tramo III, 2013

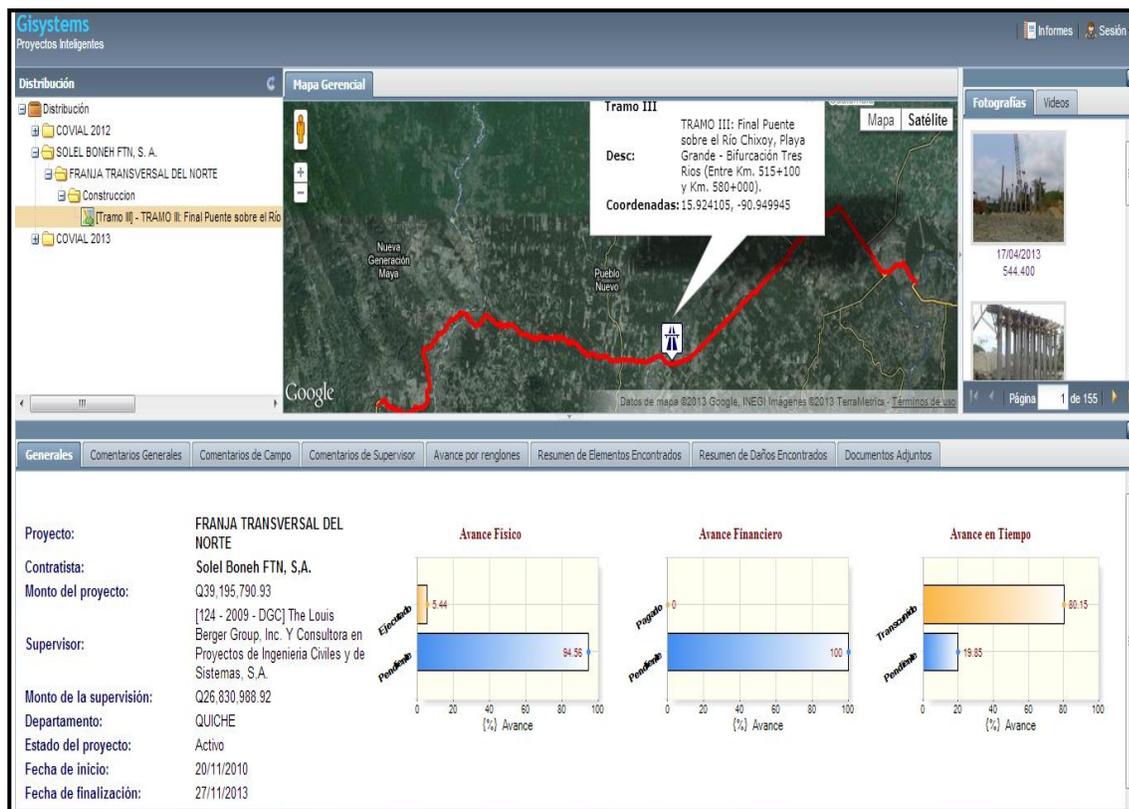
El sistema permite desplegar una serie de carpetas con datos Generales, Comentarios Generales, Comentarios de Campo, Comentarios del Supervisor, Avances por Renglones y otros, los cuales se van creando conforme a las necesidades de información que tengan los proyectos.

En la carpeta de comentarios de campo, la supervisión describe los trabajos realizados en el proyecto. En el cuadro de fotografías se presentan los detalles fotográficos de la obra ejecutada el día del comentario.

Para este ejemplo se muestra el despliegado de la carpeta Generales, donde se encuentran datos generales del proyecto y las gráficas de barra de Avance físico, financiero y tiempo contractual.

En la parte baja de la página, se muestra parte del menú de carpetas que se pueden consultar, con la información temática específica.

Figura 21. Generalidades y avances del proyecto



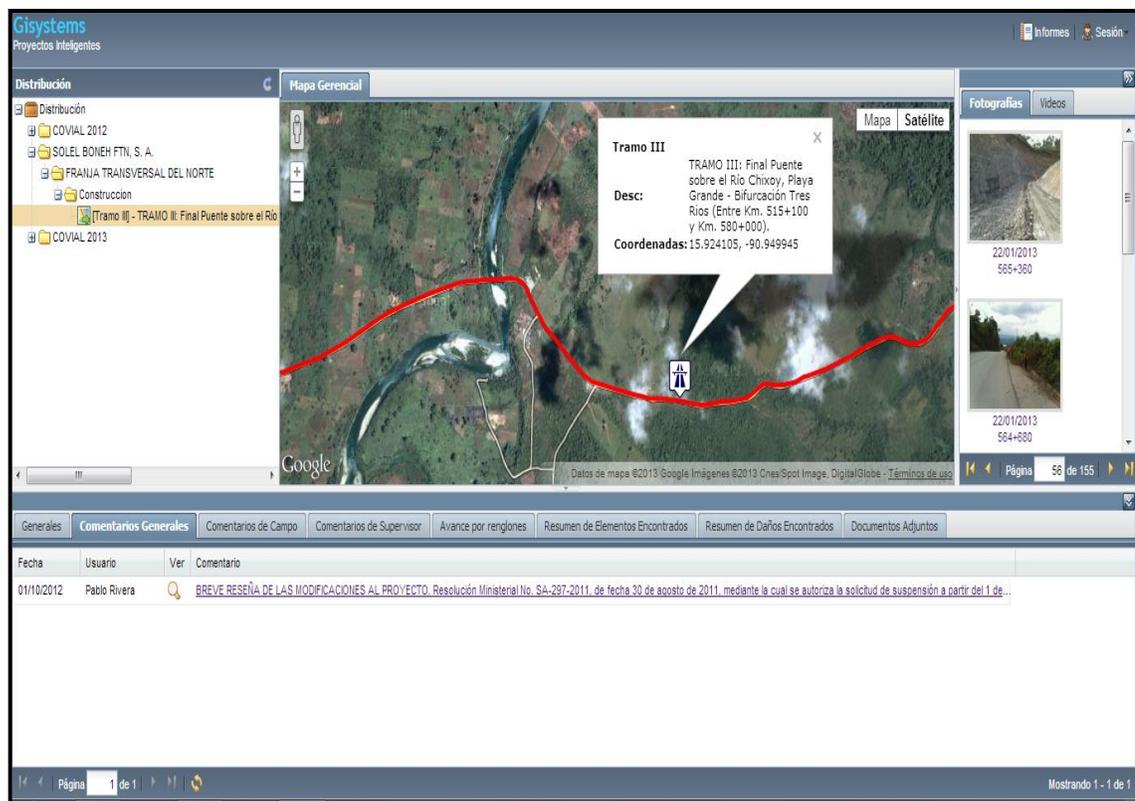
Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN – Tramo III, 2013

Comentarios generales

Esta carpeta permite ingresar los comentarios que el supervisor considere pertinente resaltar o archivar sobre el proceso de ejecución.

Al ingresar a ella aparece el dato de la fecha del comentario, el usuario que ingreso el documento y el título del comentario. Para leer el comentario se remarca sobre el archivo y saldrá un cuadro con el despliegue de su contenido.

Figura 22. Formato de comentarios generales



The screenshot displays the Gisystems web application interface. The top navigation bar includes 'Gisystems Proyectos Inteligentes', 'Informes', and 'Sesión'. The main content area is divided into several sections:

- Distribución:** A tree view on the left showing project folders like 'COVIAL 2012', 'SOLEL BONEH FTN, S. A.', 'FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE', 'Construcción', and 'COVIAL 2013'. The 'Construcción' folder is expanded to show 'Tramo III - TRAMO III: Final Puente sobre el Rio'.
- Mapa Gerencial:** A central satellite map showing a red line representing a project route. A tooltip for 'Tramo III' is displayed, containing the following information:
 - Descr:** TRAMO III: Final Puente sobre el Rio Chixoy, Playa Grande - Bifurcación Tres Rios (Entre Km. 515+100 y Km. 580+000).
 - Coordenadas:** 15.924105, -90.949945
- Fotografías:** A sidebar on the right showing two photos of the project site, each with a date and coordinates (e.g., 22/01/2013 565+360).

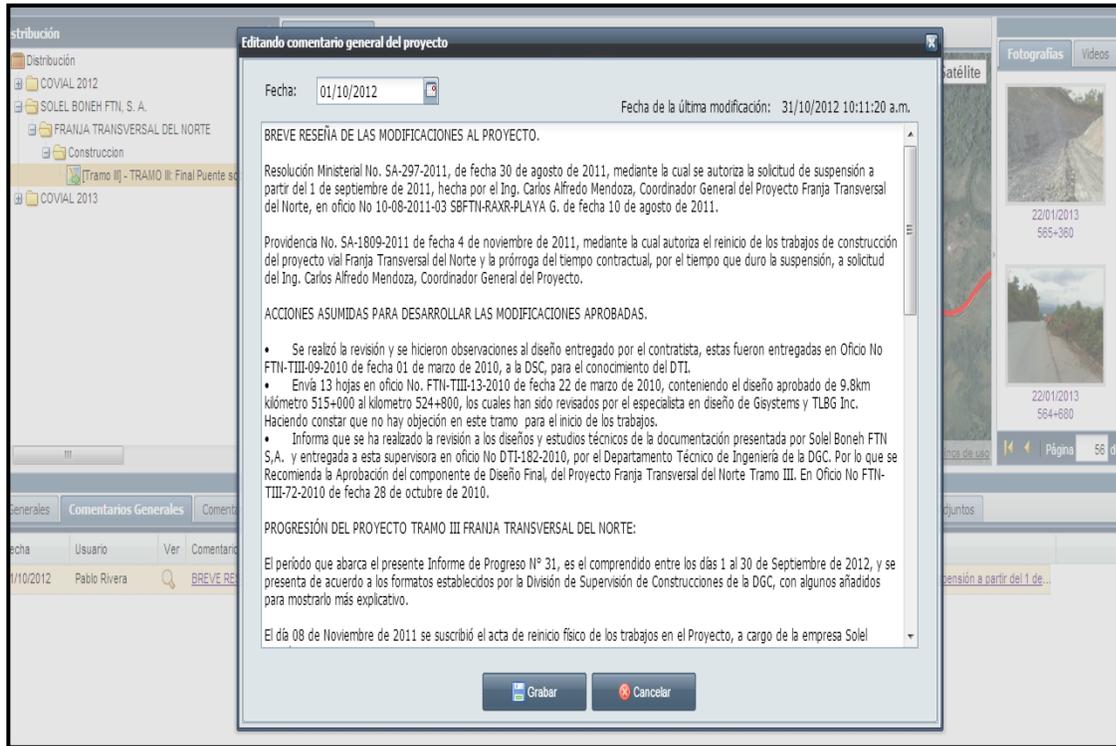
At the bottom, there is a navigation menu with tabs: 'Generales', 'Comentarios Generales', 'Comentarios de Campo', 'Comentarios de Supervisor', 'Avance por renglones', 'Resumen de Elementos Encontrados', 'Resumen de Daños Encontrados', and 'Documentos Adjuntos'. Below this is a table of comments:

Fecha	Usuario	Ver	Comentario
01/10/2012	Pablo Rivera		BREVE RESEÑA DE LAS MODIFICACIONES AL PROYECTO, Resolución Ministerial No. SA-297-2011, de fecha 30 de agosto de 2011, mediante la cual se autoriza la solicitud de suspensión a partir del 1 de...

The bottom status bar shows 'Página 1 de 1' and 'Mostrando 1 - 1 de 1'.

Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN , Tramo III. 2013

Figura 23. Carpeta con los comentarios generales



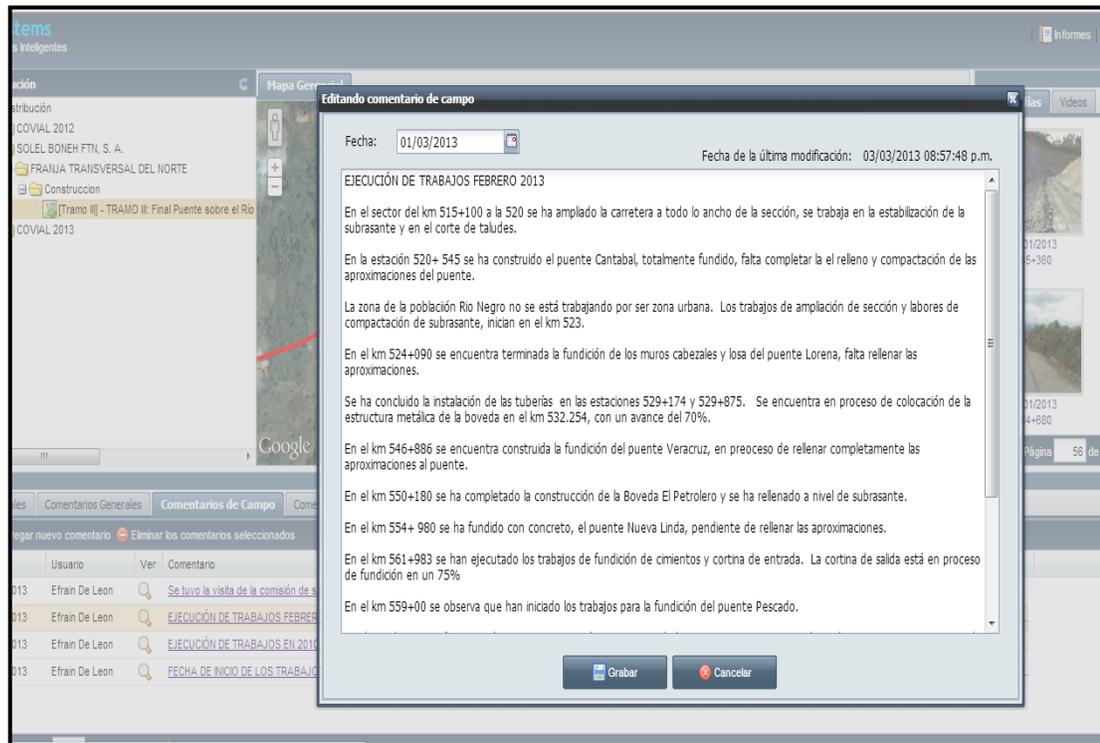
Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013.

CARPETA: Comentarios de Campo

En esta carpeta se pueden guardar los comentarios que el supervisor desee realizar sobre los trabajos que se están ejecutando en la obra.

Aparece una lista de comentarios y para leer, el que interesa, se remarca y aparecerá un cuadro con el contenido del documento.

Figura 24. Carpeta con los comentarios de campo

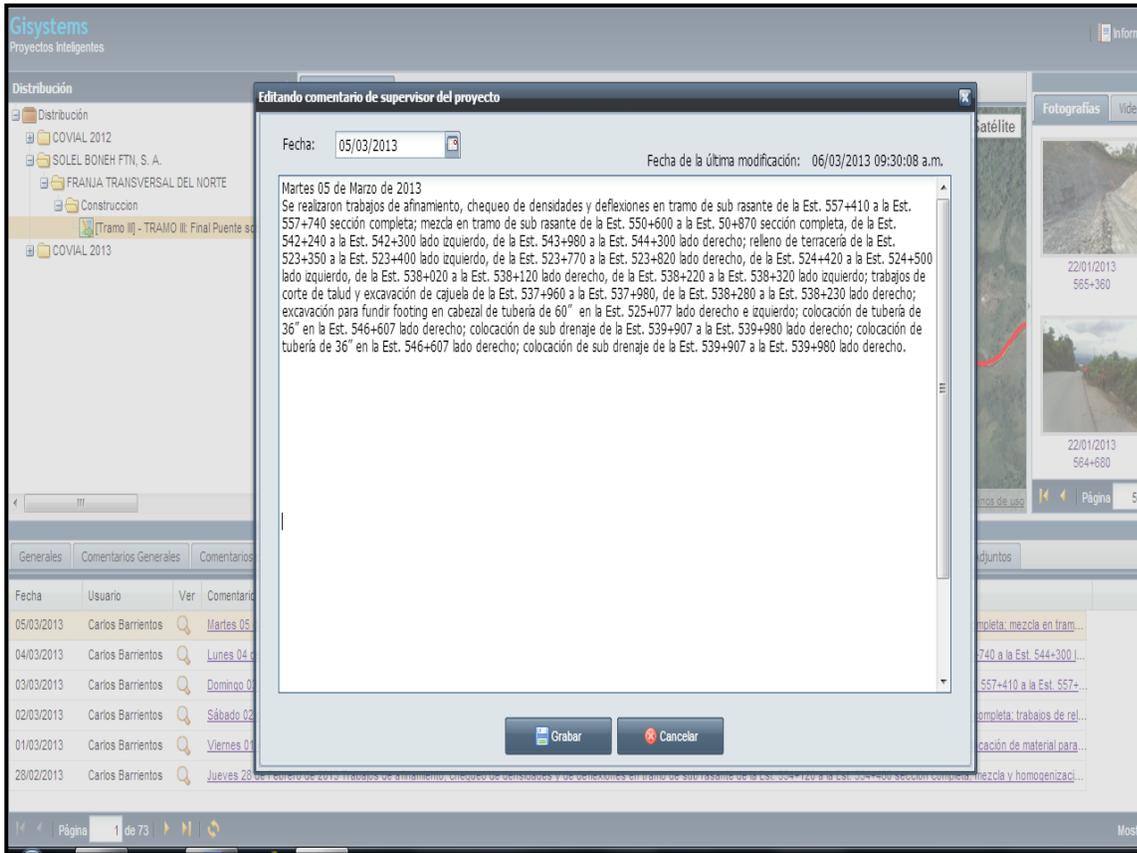


Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013.

CARPETA: Comentarios de Supervisor

El sistema cuenta con una carpeta para los comentarios del supervisor, donde anotará sus observaciones a los trabajos realizados por el contratista, los cuales conjuntamente con las fotos que archiva en el sistema, permiten saber el avance y la calidad de las obras que se ejecutan.

Figura 25. Carpeta con los comentarios del supervisor

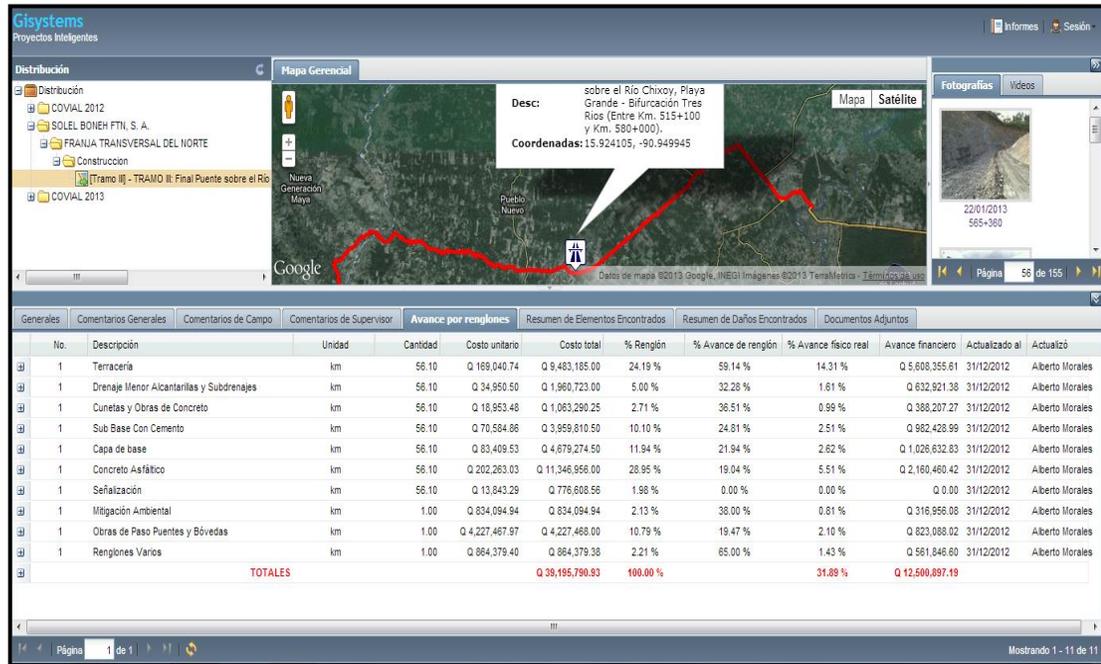


Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013

CARPETA: Avance por renglón

Esta carpeta está diseñada para llevar el control del avance de la obra por cada uno de los renglones, y el control del Avance físico y Avance Financiero, de acuerdo a la fecha de la actualización.

Figura 26. Cuadro con avances por renglón



Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013.

CARPETA: Documentos Adjuntos

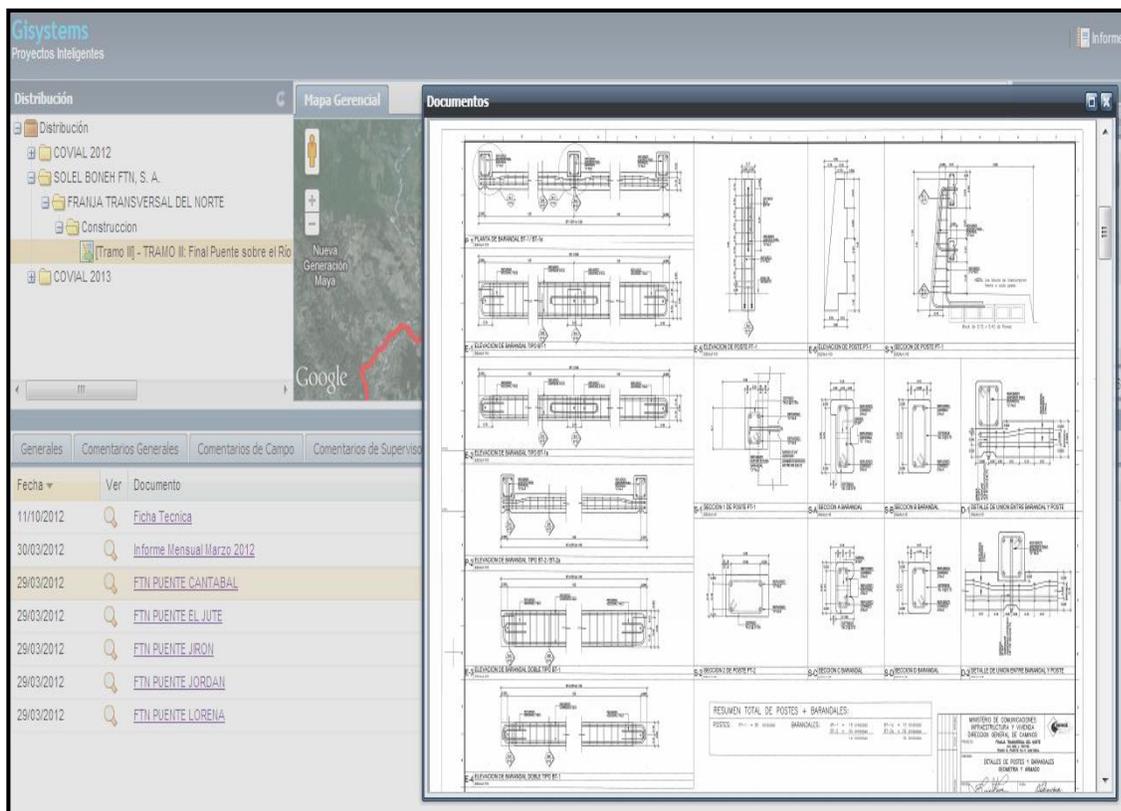
El sistema también permite archivar documentos como: Especificaciones de Construcción, Informes Mensuales, Fichas Técnica, Planos de la obras a ejecutar, etc.

A continuación se presenta la pantalla que muestra parte de los planos del Puente Cantabal, los cuales se tienen archivados en el Sistema y se pueden realizar consultas desde sitios remotos.

El usuario autorizado puede consultarlos constantemente por medio de su computadora personal o de los teléfonos tipo Iphone o Android. Esto facilita la

consulta, principalmente cuando se realizan trabajos de supervisión en los lugares de la ejecución de la obra.

Figura 27. **Carpeta con documentos adjuntos**

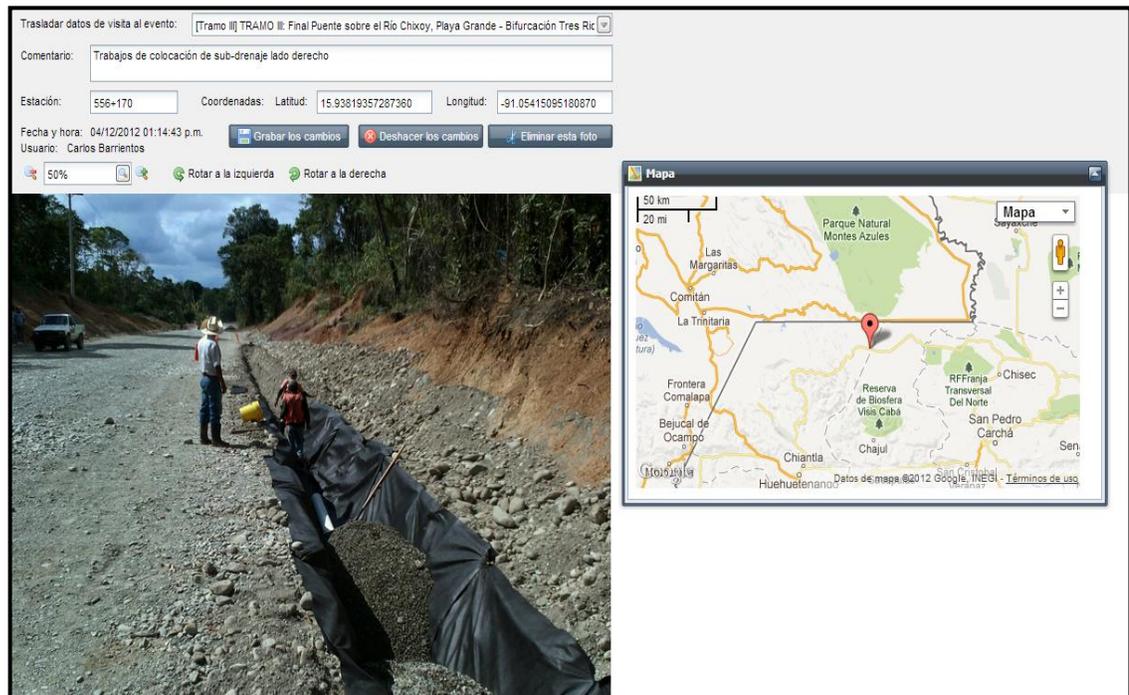


Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013.

CARPETA: Fotografías

El usuario puede ingresar a la carpeta Fotografías, en ella se tienen archivadas las fotografías de acuerdo al día en que fueron tomadas y clasificadas según el estacionamiento en kilómetros, donde fue capturada la información e incluye los comentarios realizados en el momento de la visita.

Figura 28. Descripción de las fotografías subidas al sistema



Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN – Tramo III, 2013.

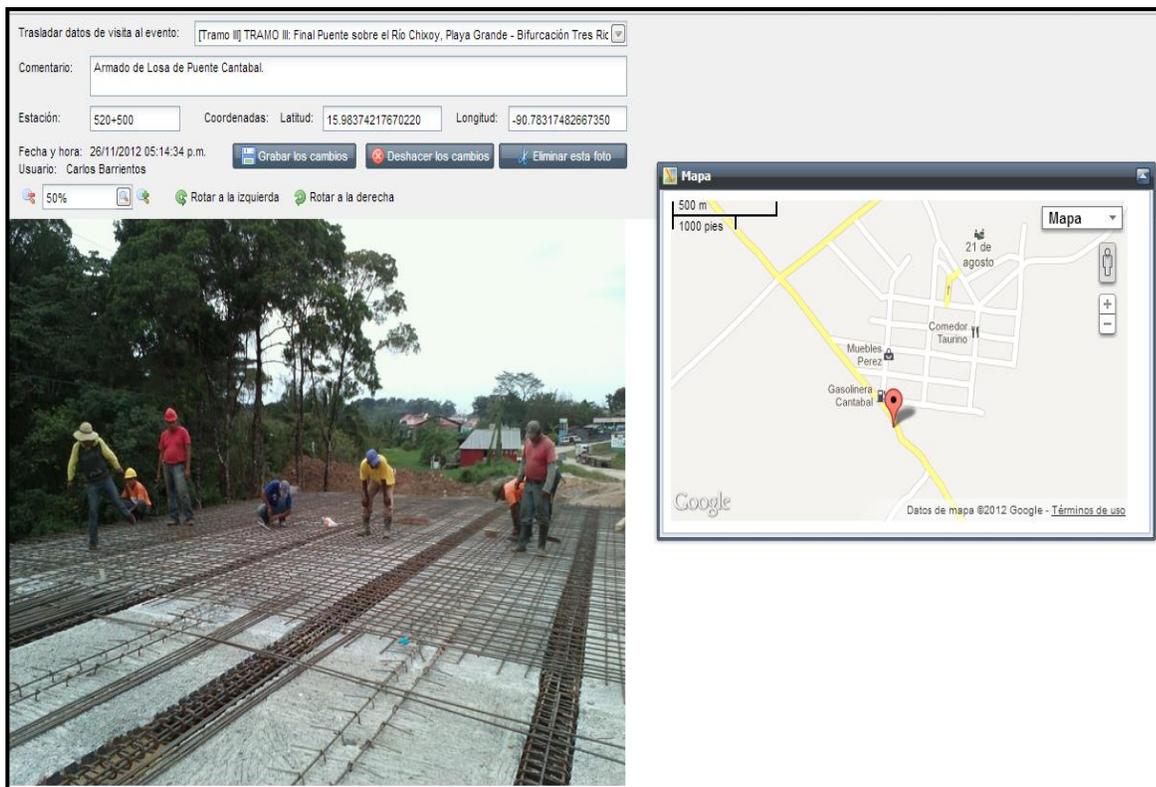
Cada fotografía subida al sistema presenta la siguiente información:

- Nombre del proyecto evaluado.
- Comentario de los trabajos, redactado por el supervisor en campo.
- Kilometraje de la estación donde se ejecutan los trabajos.
- Las coordenadas geográficas (Latitud y Longitud).
- Fecha y hora de la toma de la fotografía.
- Nombre del supervisor que tomó la foto e ingresó el comentario.
- Cuadro con la fotografía tomada, la cual se puede graduar el porcentaje de ampliación que desea visualizar, la persona que inspecciona en

gabinete, los detalles de la fotografía. Se cuenta con un rango de ampliación desde 5% al 500%.

- Recuadro con el Mapa de ubicación del sitio donde se tomó la fotografía, con un rango de ampliación de acercamiento dentro del mapa de: 5 metros a 500 kilómetros. En la gráfica 2 se muestra la ubicación del trabajo fotografiado con una ubicación aérea de 50 kilómetros; por lo que se puede apreciar la ubicación dentro de un contexto del mapa geográfico de Guatemala y México.

Figura 29. Descripción de la fotografías subidas al sistema: armado de la losa del Puente Cantabal



Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013.

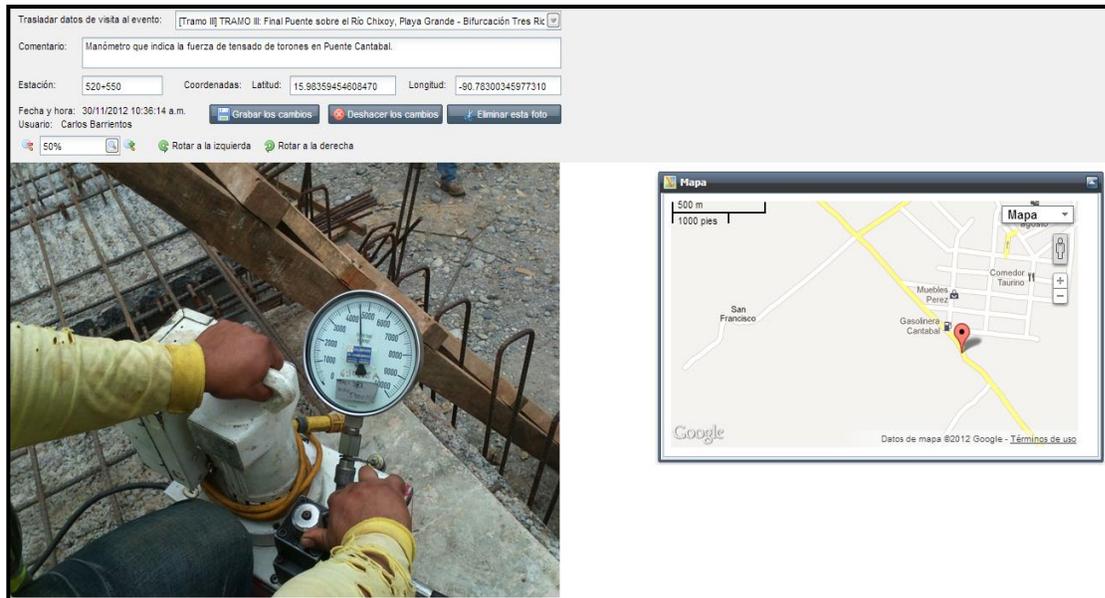
La carpeta que nos presenta el sistema nos proporciona los datos del proyecto:

- Estacionamiento del sitio de la obra monitoreada.
- Coordenadas geoposionadas del lugar de trabajo fotografiado.
- Fecha y hora de la toma de la fotografía.
- Nombre del personal (usuario) que ejecutó el monitoreo.
- Escala de la fotografía, la cual se podrá ampliar según las necesidades del usuario.
- Mapa de ubicación de la obra, la cual podrá ser vista sobre un mapa o sobre una imagen satelital, donde se observan las características del relieve del lugar de trabajo.

La versatilidad del sistema de información permite que la supervisión y los personeros que tienen permitido el acceso, tengan la información que requieran en cualquier parte donde se tenga señal de internet y es tan flexible que se pueden incrementar o modificar las pantallas de comentarios y observaciones.

A continuación se presenta como ejemplo el control del tensado de los torones del Puente Cantabal, el cual se ejecutó en campo y queda registrado en la imagen, los resultados que marca el manómetro. Con los datos de ubicación, día y hora, posicionamiento georeferenciado y el mapa del sitio donde se ejecutó la medición.

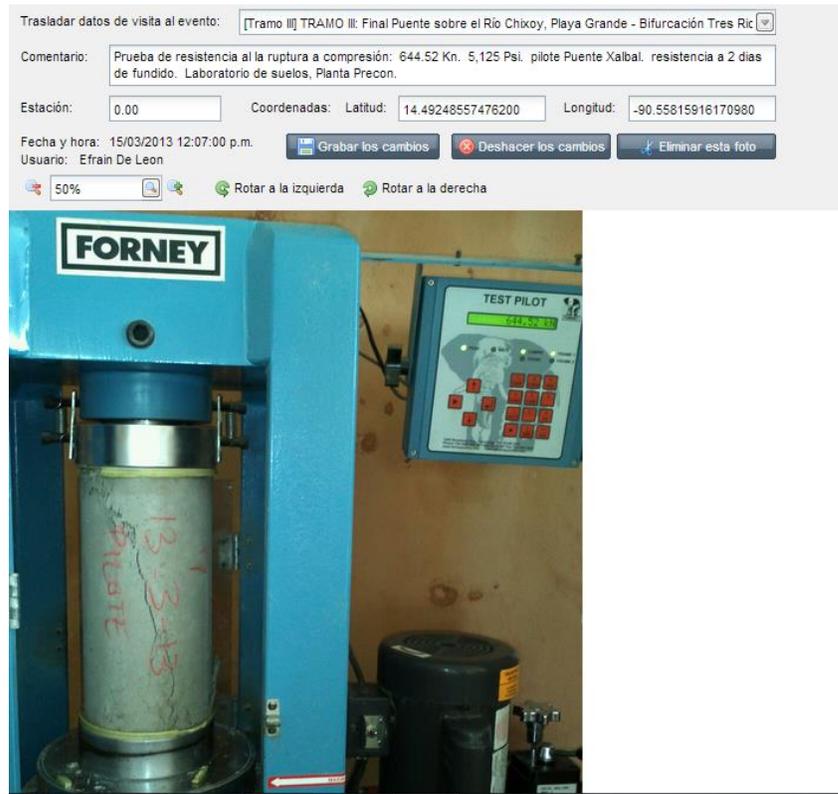
Figura 30. Control de tensado de torones en el Puente Cantabal



Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013.

Se puede observar otro ejemplo de la utilidad del sistema: En ese caso, se muestra la toma de datos del tensado de los torones y con ello se asegura el control de calidad de las obras, registrando los datos obtenidos en los laboratorios, mediante la fotografía y los comentarios de los ensayos ejecutados.

Figura 31. **Ensayo de laboratorio: resistencia a la compresión del concreto utilizado en los pilotes**



Fuente: Empresa Supervisora Proyecto FTN, Tramo III. 2013.

Observaciones

Como se puede observar en la figura 28, queda registrado en la fotografía, el día del ensayo, la hora del evento y el tipo de ensayo practicado en el laboratorio, con los resultados obtenidos.

En este ejemplo se registra la pantalla del equipo de medición, con el dato de la resistencia en Kilo-newtons, con lo que comprueba la veracidad de la información.

Se puede observar el tipo de falla acontecido en el ensayo de laboratorio.

4.2. Comparación de resultados de la aplicación del método tradicional y la metodología en tiempo real

En el proyecto FTN – Tramo III, se realizaron los levantamientos de datos utilizando los dos métodos para la captura de datos. El proyecto se encuentra ubicado a 515 kilómetros de la ciudad de Guatemala, en el departamento del Quiché, con una longitud de 65 kilómetros.

De esta experiencia se presentan los resultados obtenidos, luego del análisis comparativo de su aplicación en campo.

4.2.1. Detalle de los resultados aplicando el método tradicional

- En el método tradicional se requiere gran espacio físico para el almacenamiento de los documentos con los datos recabados; considerando la cantidad de boletas e informes que se trabajan. Requiere de muebles para su archivo físico.
- Requiere empleo del tiempo de calculistas para procesar y calcular los volúmenes medidos en campo.

- Generalmente los que procesan la información, no necesariamente son los que la toman en el campo.
- La toma de datos requiere de tiempo adicional para conocer los resultados; dado que deben enviarse los documentos, para la revisión y análisis de los ingenieros supervisores.
- Las fotografías de los trabajos evaluados, deberán de revelarse y clasificarse, para adjuntarlas a los reportes. Dependiendo de la distancia existente entre el sitio de las obras y las oficinas de la supervisión; este tiempo puede resultar de varios días, para el caso práctico, la distancia del proyecto a las oficinas centrales de la supervisora son 515 kilómetros, con un tiempo de viaje directo de aproximadamente 9 horas, en vehículo particular.
- El proceso de recopilación de datos es susceptible a la pérdida de la fidelidad de la información; en función de que algunas veces, la cuadrilla de medición levanta la información en una copia que se ensucia. Esto provoca la necesidad de corregirla. En el momento de ejecutar las correcciones, algunas veces se cometen errores involuntarios, que alteran la fidelidad de la información.
- La información corregida con la serie de datos del monitoreo, se almacena y posteriormente se envía a los calculistas para la elaboración de las estimaciones del trabajo ejecutado; se pierde valioso tiempo.
- La información es manipulada por varias personas; por lo que está sujeta a modificación y adulteración de manera consciente o inconsciente

- Estos procesos requieren de inversión en recursos y pago de personal, vehículos y tiempo adicional en recopilación y envío.

4.2.2. Detalle de los resultados aplicando el sistema en tiempo real

Como se ha indicado en el capítulo 2, de este trabajo, los sistemas de información en tiempo real envían y reciben los datos de manera inmediata. Se evita la acumulación de papel, dado que la información es digital y se envía y almacena de manera automática, vía internet

Características de resultados: aplicando el sistema en tiempo real

- Seguridad de la información: el administrador del sistema es el único que puede asignar las claves para ingresar al sistema y para enviar y visualizar la información almacenada.
- El tiempo que se tarda entre la captura de la información y su visualización en el servidor central, depende únicamente de la velocidad que tarde el internet en trasladar la información. En condiciones normales: es cuestión de segundos o de minutos.
- Existen condiciones propias de las redes de internet que pueden afectar el tiempo de envío de la información; tales como: tormentas eléctricas, caída de la señal de internet por problemas técnicos ajenos al sistema, ausencia de cobertura de señal en el lugar geográfico del proyecto vial.
- Si el sitio de la obra no cuenta con señal de internet, la información capturada se envía desde el primer lugar donde se pueda conectar con

la red. Actualmente en Guatemala los sectores sin cobertura son mínimos; existe cobertura en la mayoría de centros poblados.

- El Administrador del sistema, es el único autorizado para asignar clave de acceso a un usuario, para poder capturar y enviar información al sistema vía internet, se reduce la manipulación de los datos.
- La veracidad de la información recolectada en el sistema en tiempo real, se fundamenta en:
 - Consignar el nombre del personal de campo que envía la información.
 - Consignar la hora en que se grabó la información.
 - Mostrar las coordenadas geográficas del sitio donde se recolectó la información y su ubicación en un plano georeferenciado.
 - Captura la fotografía del evento que se está registrando y automáticamente la graba en la ficha que le corresponde, con los datos consignados.
 - El usuario consigna los comentarios que considera pertinentes del evento que está informando y los graba en la correspondiente base de datos.

- El procesamiento de la información se realiza automáticamente, una vez que ha sido capturada en campo e ingresada al sistema, y puede ser revisada ya sea en forma cruda o procesada por la persona que la ingreso, sin necesidad de manipulación por terceros.
- Veracidad de la información: capturada la información, esta se envía al servidor central. Esta no puede ser modificada por el usuario, o por persona ajena.
- Evita la corrupción de la información: al tener la restricción de que personas ajenas, puedan acceder a la fuente original de los datos.

4.2.3. Comparación de resultados obtenidos aplicando los dos métodos de captura de información en el proyecto: Tramo 3 de la Franja Transversal del Norte

El análisis de los resultados se resume en la tabla siguiente, donde se comparan las ventajas y desventajas de la recopilación de datos, aplicando las dos metodologías, sujetos de este estudio.

Tabla II. **Matriz de comparación de ventajas y desventajas entre el uso del método tradicional y el método en tiempo real para el monitoreo de proyectos viales**

TIPO DE PROCESO	INFORMACION EN TIEMPO REAL	VENTAJA	DESVENTAJA	INFORMACION METODO TRADICIONAL	VENTAJA	DESVENTAJA
1. RECOLECCION DE INFORMACION	Proceso digital: mediante formato preestablecido, en el equipo.	<ul style="list-style-type: none"> • La información se puede visualizar, inclusive en el campo, después de ser enviada al servidor • Se evita el uso y manipuleo de hojas de papel. • A cada evento se le asigna una fotografía. • Al enviar la información, el usuario ya no puede modificar los datos. • Al concluir con la captura de datos, se envía la información y el operador ya no puede modificarla 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere contar con equipo electrónico o para recolectar la información • Requiere que el inspector se capacite en el uso de los equipos. 	Proceso mediante llenado de formularios, utilizando hojas de papel.	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere que el inspector se capacite en manejo de equipo electrónico. 	<ul style="list-style-type: none"> • La información se trabaja con lápiz grafito. Si se cometió un error, se puede borrar y corregir • se visualiza, después de varios días, luego de ser revisada por varias personas en las oficinas de la supervisión. • Se manipula gran cantidad de hojas de papel. • La información está sujeta a la manipulación de varias personas.

Continuación de la tabla II.

TIPO DE PROCESO	INFORMACION EN TIEMPO REAL	VENTAJA	DESVENTAJA	INFORMACION METODO TRADICIONAL	VENTAJA	DESVENTAJA
2. TIEMPO DE ENVIO DE LA INFORMACION	El envío digital es inmediato, vía la red de internet	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de envío es inmediato, al contar con señal de internet 	<ul style="list-style-type: none"> • Para enviar la información se requiere de tener acceso a la red de internet 	El traslado de la información es personal, el tiempo de envío depende de la disponibilidad de transporte y de la distancia del proyecto a las oficinas administrativas.		<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo de envío depende de la disposición de vehículo para su traslado. • Depende de la distancia entre el lugar del evento y las oficinas administrativas. • Para este caso, se deben viajar 515 km, aproximadamente 9 horas.
TIPO DE PROCESO	INFORMACION EN TIEMPO REAL	VENTAJA	DESVENTAJA	INFORMACION METODO TRADICIONAL	VENTAJA	DESVENTAJA
3. VERACIDAD DE LA INFORMACION	Enviada la información digital, esta ingresa automáticamente al servidor central.	<ul style="list-style-type: none"> • Capturada y enviada la información; no se puede adulterar por el usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para corregir algún error, en la información enviada, hay que solicitar autorización al director del proyecto. 	Antes de enviarse la información recolectada, esta puede ser revisada por diferentes personas.		<ul style="list-style-type: none"> • En el campo llenan los cuadros de información, con lápiz de grafito y luego los pasan en limpio. • La información es manipulada y puede ser corregida por las diferentes personas que la revisan.

Continuación de la tabla II.

TIPO DE PROCESO	INFORMACION EN TIEMPO REAL	VENTAJA	DESVENTAJA	INFORMACION METODO TRADICIONAL	VENTAJA	DESVENTAJA
4. VISUALIZACION DE LA INFORMACION	La información se envía inmediatamente vía internet	<ul style="list-style-type: none"> • La visualización de la información recolectada se puede visualizar casi de inmediato, si se tiene acceso a Internet • Si no se tiene autorización del director del proyecto, no se puede modificar la información. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de conexión a Internet; para ver la información 	Después de recolectada la información, debe ser procesada y enviada físicamente para su visualización		<ul style="list-style-type: none"> • La visualización de la información depende del tiempo que se tarde en ser recolectada, revisada y trasladada físicamente, depende de la disponibilidad de vehículos y de la distancia entre la obra y las oficinas.
TIPO DE PROCESO	INFORMACION EN TIEMPO REAL	VENTAJA	DESVENTAJA	INFORMACION METODO TRADICIONAL	VENTAJA	DESVENTAJA
5. CORRUPCION DE LA INFORMACION LEVANTADA	El envío digital es inmediato, vía la red de internet	<ul style="list-style-type: none"> • Capturada la información y enviada al servidor, no se puede manipular 	Se requiere de conexión a Internet			<ul style="list-style-type: none"> • La información es manipulada por varias personas; está sujeta a ser modificada

Continuación de la tabla II.

TIPO DE PROCESO	INFORMACION EN TIEMPO REAL	VENTAJA	DESVENTAJA	INFORMACION METODO TRADICIONAL	VENTAJA	DESVENTAJA
6. COSTOS DE ENVIO DE LA INFORMACION	El envío digital es inmediato, vía la red de internet	<ul style="list-style-type: none"> • El costo de envío de la información está considerado dentro del costo del servicio de internet; no hay sobre costo por envío de información 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere de comprar equipos electrónicos y contar con conexión a internet 	<ul style="list-style-type: none"> • La información recolectada, se procesa, revisa y se envía en vehículo a las oficinas centrales 		<ul style="list-style-type: none"> • El costo de procesar, revisar y enviar la información, tiene un costo de honorarios • El envío de los documentos en vehículo tiene un sobre costo a considerar • En la actualidad todas las empresas constructoras y supervisoras cuentan con conexión a Internet y procesadores electrónicos; para procesar la información hay que digitalarla.

Fuente: elaboración propia

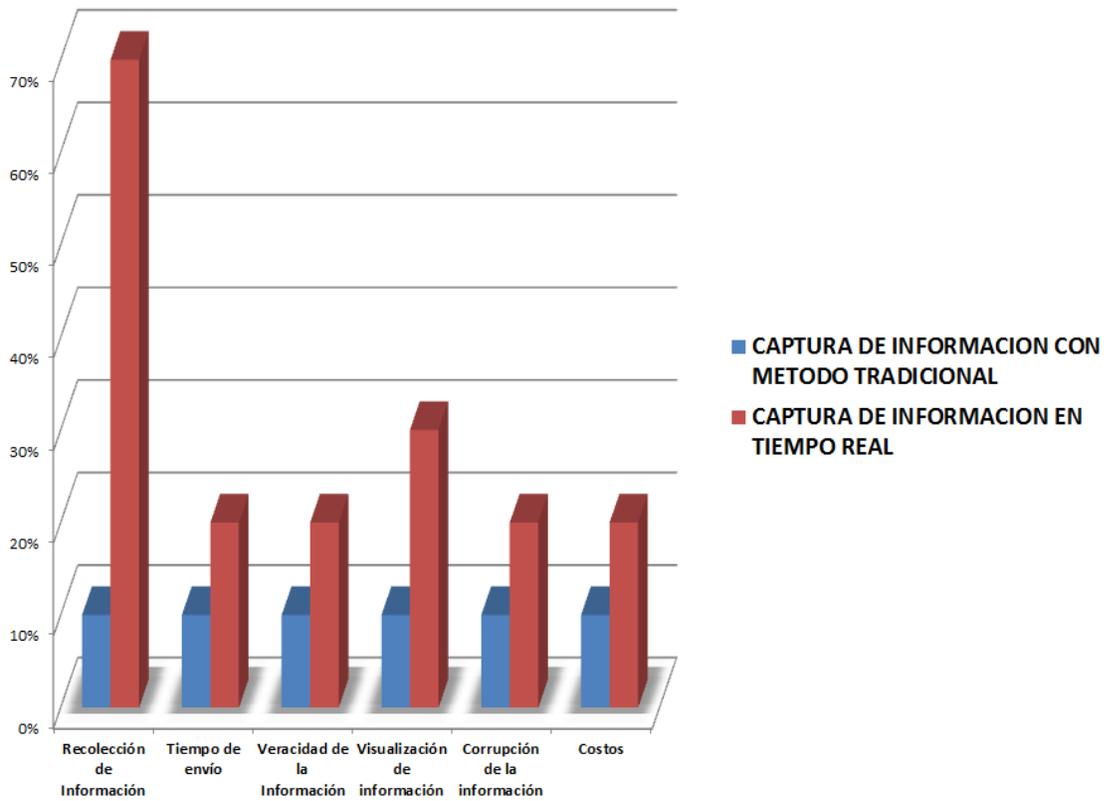
4.2.4. Resultado de la comparación de ventajas y desventajas entre aplicar recolección en tiempo real y método tradicional

Tabla III. Resultado de comparar ventajas y desventajas entre métodos

TIPO DE PROCESO	CAPTURA DE INFORMACION EN TIEMPO REAL		CAPTURA DE INFORMACION CON METODO TRADICIONAL	
	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Recolección de Información	5	2	1	4
Tiempo de envío	1	1	0	2
Veracidad de la Información	1	1	0	2
Visualización de información	2	1	0	1
Corrupción de la información	1	1	0	1
Costos	1	1	0	3
TOTALES	11	7	1	13

Fuente: elaboración propia

Figura 32. **Comparación de ventajas y desventajas de captura de información**



Fuente: elaboración propia.

4.2.5. Análisis de la comparación de resultados

- La aplicación del proceso de captura de la información en tiempo real indica que tiene once (11) ventajas.
- La captura de información con el método tradicional tiene sólo una (1) ventaja en su aplicación.

- La captura de datos con el método tradicional presenta trece (13) desventajas en su aplicación en la obra.

CONCLUSIÓN:

Basado en los anteriores resultados, se puede inferir que la captura de información en Tiempo Real, presenta más ventajas que la captura de datos por medio del método tradicional.

4.2.6. Ventajas de la aplicación del proceso de seguimiento y monitoreo de proyectos viales en tiempo real

- Permite supervisar, en cada momento, cualquier tipo de obra en construcción o remodelación. El sistema permite registrar y almacenar videos georeferenciados, por lo que se puede realizar un recorrido virtual a lo largo de todo el proyecto tomando en cuenta el historial de la obra
- Se pueden revisar las fotos de sitios específicos, donde ya el supervisor haya registrado un evento.
- El sistema permite incluir los comentarios que el supervisor considere necesarios sobre los trabajos ejecutados o sobre el evento que se está registrando en el sistema y esto queda geoposicionado en los mapas virtuales.
- Proporciona un ahorro en el tiempo empleado por la supervisión y ahorra tiempo en la presentación y visualización de datos.

- El sistema es automatizado, no requiere de personal adicional para su operación.
- Elimina la manipulación de datos por parte de terceras personas y aumenta la confiabilidad de los datos.
- El acceso a la información es restringido; sólo pueden acceder las personas autorizadas, que se identifiquen con su contraseña específica.
- El sistema elimina la manipulación de la información por terceras personas.
- El sistema es útil para la transparencia y evita la corrupción de la información.
- Estos procesos pueden adaptarse a los requerimientos de la obra, los reportes pueden diagramarse de igual manera de acuerdo a los requerimientos del cliente.
- El sistema puede servir como medio de comunicación entre todos los interesados en el proyecto y además sirve como una bitácora en línea del proyecto.
- El sistema sirve como registro histórico de fácil acceso a la información y puede guardarse digitalmente.
- El control de calidad se realiza en tiempo real, por lo que cualquier resultado que no este acuerdo a especificaciones se ve inmediatamente

haciendo que la toma de decisiones pueda hacer las correcciones en “tiempo real” ahorrando recursos al contratista y tiempo a la obra.

- Ahorro significativo en el tiempo que el supervisor emplea en recolectar y obtener resultados de las mediciones de obras.
- Se minimizan los errores cometidos en la recolección de información en campo y su proceso de archivo.
- Se elimina la posibilidad de sobre estimaciones de obra; porque la evidencia de los documentos y fotografías, indica la fecha en que se evaluó y si los trabajos de determinado renglón, se han ejecutado o no.
- Los archivos digitales y las fotografías tomadas en campo, se almacenan durante el tiempo que sea necesario por el proyecto o la institución a la que se le realiza el trabajo; permitiendo con ello, el poder ser consultados en cualquier momento.
- La información almacenada en el servidor, se puede convertir en un instrumento jurídico, en caso de un litigio, dado que la posición esta georeferenciada y definido el día y hora en que fue tomada la fotografía y levantada la información.

CONCLUSIONES

1. El estudio realizado permite afirmar que el sistema de monitoreo y supervisión de proyectos viales en tiempo real, es un procedimiento que permite la visualización y manejo de la información, de manera fácil y amigable.
2. La matriz de comparación de ventajas y desventajas entre el Método Tradicional de Supervisión y la Metodología en Tiempo Real, que se presenta en este estudio, permite aseverar que el control de proyectos en tiempo real, evita la corrupción de la información, evita la pérdida de la documentación y permite visualizarla desde el instante que ingresa al servidor central. Se logra tener un record histórico de la ejecución de la obra, con la certeza de que la información esta actualizada y es verídica.
3. El monitoreo y supervisión en tiempo real, aumenta la certeza y validez de los resultados, de la información recolectada. Permite darle seguimiento permanente al avance de los proyectos, mediante la visualización del avance físico reportado en las estimaciones de trabajo; comparándolo con las fotografías y videos archivados en los reportes en tiempo real.
4. Mediante la supervisión en tiempo real, se logra visualizar si el proyecto vial se apega a las especificaciones técnicas aprobadas, lo cual es un requisito imprescindible en todo proyecto.

5. Tanto la captura de datos, como la visualización de los resultados del monitoreo y supervisión de proyectos en tiempo real, se pueden, ejecutar desde un procesador remoto tipo: tableta electrónica o teléfono móvil, lo que reduce tiempo de recolección y asegura la validez de la información y facilita la visualización remota y pronta de la información enviada.
6. El avance actual de la tecnología y la cobertura casi total que las telecomunicaciones y el internet tienen en Guatemala, permiten asegurar que la aplicación del monitoreo y supervisión en tiempo real es factible en todo el territorio de Guatemala. Esto reduce, en la metodología en tiempo real, los costos del transporte de la información recolectada en los proyectos, así como se reduce la inversión en impresión de fichas y revelado de fotografías, las cuales si representan un costo significativo a considerar en el sistema tradicional.
7. El seguimiento y supervisión de carreteras en tiempo real, permite que los gerentes de proyectos tomen decisiones adecuadas desde sus escritorios, luego de visualizar los problemas que acontecen en sus proyectos ubicados a distancia remota, al tener la certeza visual de lo que en ellos acontece.
8. En el caso de emergencias o desastres naturales; el seguimiento y supervisión de carreteras en tiempo real le permite a las autoridades, tomar las decisiones adecuadas y aprobar los trabajos y procedimientos, a ejecutar, en el menor tiempo posible.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el proceso de control y supervisión de proyectos en tiempo real, en todos los proyectos viales de Guatemala que manejan ya sea la DGC como COVIAL o cualquier agencia que desarrolle carreteras.
2. Crear una base de datos centralizada con la información de todos los proyectos carreteros que se realicen y que pueda ser de acceso a los administradores de carreteras en todo el país.
3. Desarrollar una aplicación para que estudiantes de las universidades puedan tener acceso y estudiar de los casos particulares de los proyectos.
4. Capacitar a supervisores, administradores y estudiantes en el uso y aplicación de los nuevos procesos y sistemas.
5. Conectar la información de los proyectos con otros sistemas de control administrativo como el que utiliza COVIAL y que el enlace sirva también para agilizar los procesos administrativos.
6. Permitir que la información sea la base de un sistema de acceso público a la información, para que la población pueda también conocer sobre los procesos de construcción y las inversiones del gobierno con los impuestos de la población.

7. Para mejorar la presentación de los datos, utilizar un software de computadoras especialmente diseñado para realizar el monitoreo de los trabajos de infraestructura vial. Este permita levantar datos en tiempo real y que sea de acceso fácil a los usuarios.

8. El sistema a utilizar, sea amigable al usuario y al personal que realice las tareas de monitoreo y supervisión de los proyectos en la zona de trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cadena, R. 2006. Centro de Informática de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Nuevo León, México. Supervisión Virtual Para La Construcción de Carreteras y Caminos Rurales. México, CISCT.
2. Cámara, G, et al. 2003. Disaster – info: Introducción a los SIG. (en línea). Consultado jun. 2013. Disponible http://www.disaster-info.net/lideres/spanish/mexico2003/presenta/Facilitadores/Gonzales%20Casta%F1eda%20Miguel/2_Introduccion%20a%20SIG.pdf.
3. Cepeda, RC. 1999. Planeación Técnica y Urbanización S.A. de C. V. (en línea). Consultado jul. 2013. Disponible <http://www.rcadena.com>.
4. Chávez Zepeda, JJ. 1998. Elaboración de Proyectos de Investigación. Guatemala, XL PUBLICACIONES.
5. Crespo V., C. 2007. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. 4a ed. México, Limusa.
6. De León Cerda, D., et al. 2010. Seguimiento y Control de un Proyecto (en línea). Consultado 26 dic. 2012. Disponible www.slideshare.net/ddjdlc/seguimiento-y-control-de-un-proyecto.

7. De Toro y G., M. et al. 1967. Pequeño Larousse Ilustrado. Buenos Aires, Larousse.
8. Dirección General de Caminos, División de Supervisión de Construcciones, Administrativa. Manual de Funciones. Guatemala, DGC.
9. Faytong Real, JE., et al. 2008. Monitoreo Automático de Carreteras mediante el uso de un Sistema de Detección, Seguimiento y Extracción de Características de Vehículos con Técnicas de Visión por Computador. Tesis de Grado. Guayaquil, Ecuador, Escuela Politécnica del Litoral.
10. Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra - Gestión y conservación del Medio Natural de la Comunidad. Evaluación y Seguimiento de Proyectos y Obras. (en línea) Consultado 20 jun. 2013. Disponible <http://www.gavrn.com/areas/proyectos-obras/evaluación>.
11. Gisystems. 2012. Soluciones Inteligentes. (en línea) Consultado 25 nov. 2012. Disponible <http://www.gisystemsint.com>.
12. _____. 2012. Sistemas de Gerenciamiento de Proyectos. (en línea) Consultado 5 dic. 2012. Disponible <http://www.gisystemsint.com>.
13. Grecian Development Process. 2008. Proceso de Monitoreo y Control de Proyectos. GDP.

14. Hancourt. 1999. Diccionario Mosby - Medicina, Enfermería y Ciencias de la Salud. Madrid, Harcourt Brace & Company.
15. Hernández SR., et al. 2010. Metodología de la investigación. 5a ed. México, McGraw-Hill Interamericana.
16. Kraemer, C., et al. 2003. Ingeniería de carreteras. España, Mc GrawHill Interamericana. v.2.
17. Marchamalo, M., et al. 2011. RUTAS, Revista de la Asociación Técnica de Carreteras. Madrid. 65 ,145 p.
18. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos. 2006. Bases de Licitación para la ejecución del Proyecto Vial denominado Franja Transversal del Norte. Licitación Pública Internacional No. DGC-01-2006 FTN. Guatemala, MICIVI.
19. _____. 2010. Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes (Libro Azul). Guatemala, MICIVI.
20. _____. 2009. Plan de Gestión Ambiental “Franja Transversal del Norte”, Tramo Playa Grande-Mayaland – San Ramón. Guatemala, MICIVI.
21. Monterroso R., O. 2012. Evaluación para Control y Seguimiento de Proyectos de Obras Viales Mediante Software de Aplicación. Tesis de Grado de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.

22. Monitoreo y Control de Proyectos: (s.f.) En EcuRed - La enciclopedia cubana en la red. (en línea). Consultado 25 nov. 2012. Disponible http://www.ecured.cu/index.php/monitoreo_y_control_de_proyecto.
23. Orozco, S. 2009. El Seguimiento del Proyecto. (en línea). Consultado 15 sept. 2012. Disponible http://www.liderdeproyecto.com/articulos/el_seguimiento_del_proyecto.html.
24. Peralta. M. Diseño de sistemas de información: teoría y práctica de Burch, John G. (en línea). Consultado oct. 2012. Disponible <http://www.monografias.com/trabajos7/sisinf.shtml>.
25. Rugeles, R. 2002. La Instrumentación Virtual de la Enseñanza de la Ingeniería Electrónica, Revista: ACCION PEDAGOGICA. v. 11, 74 p. (en línea). Consultado ene. 2013. Disponible http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17071/1/art8_v11n1.pdf.
26. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. 2012. Mondiale de la Route, Comité technique AIPCR A.2. México, SCT. (en línea). Consultado ene. 2013. Disponible <http://www.piarc.org/library/aipcr/4/DFD0PiBnqQhQv61TZ0Sy0oAe.pdf>.

27. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Sistema de Información Geográfica, SIG. México, SDUV. (en línea). Consultado abr. 2013. Disponible <http://www.seduvi.df.gob.mx/portal/pdf/informes/4to/3%20capitulo%201.pdf>.
28. The Louis Berger Group, Unidad de Conservación Vial. 2002. Instructivo para el Inventario de Condición de la Red Vial. Guatemala, UCV.
29. Torres, Mario, (2008). Sistema de Supervisión Virtual para la construcción de Carreteras y Caminos Rurales. Recuperado de: <http://www.construcgeek.com/blog/sistema-de-supervision-virtual-para-la-construccion-de-carreteras-y-caminos-rurales#ixzz2BUXm5sUP>.
30. Wikipedia. 2007. Sistema de Información (SI). (en línea). Consultado nov. 2012. Disponible http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n.
31. _____. Sistema de Información Geográfica. (en línea). Consultado ene. 2013. Disponible http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica.
32. _____. 2001. Software. (en línea). Consultado ene. 2013. Disponible <http://es.wikipedia.org/wiki/Software>.
33. World Learning/SHARED Project. 1997. Monitoring and Evaluation as Management Tools: A Handbook for NGOs in Malawi. Washington.

34. Zavala, TS. 2009. Guía a la redacción en el estilo APA. 6a ed.
Washington, APA.

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta de manual de operación proceso de seguimiento y monitoreo de proyecto vial en tiempo real

1. Introducción

El sistema de seguimiento y control de proyectos viales en tiempo real está estructurado para la Supervisión y la Gerencia de proyectos.

Se procesan los datos y resultados de los controles técnicos, para llevar un registro sistematizado de la calidad de la obra, durante las distintas etapas de la construcción de carreteras.

El registro debe realizarse desde el inicio del proyecto y debe archivarse toda la información, con datos como: renglones de trabajo, programación de procesos, segmentación de tramos, información de contactos de supervisor y contratista, etcétera.

Durante el proceso se debe incorporar toda la información adicional que sea del interés del cliente.

El sistema archiva todos los eventos; tales como revisión y verificación de renglones, procesos de control de calidad, programación de trabajo, revisión de diseños, y el registro continuo de los trabajos que se ejecutan para poder mantener una relación actualizada en tiempo real del avance físico y financiero de la obra, pudiendo así, controlar toda la ejecución de manera eficiente.

El sistema lleva controles numéricos, fotográficos y filmicos, de los trabajos que se realizan en el proyecto. Está diseñado para capturar la información mediante el uso de teléfonos y aplicaciones móviles.

El sistema registra los datos mediante una aplicación Web, que permite la consulta de los datos recabados en campo. Estos pueden ser verificados y aprobados. El proceso registra por medio de GPS³⁴, las coordenadas físicas de las estaciones donde se realiza cada trabajo y mediante algoritmos internos se pueden conocer las cantidades de obra ejecutadas; las cuales están respaldadas por fotografías y mediciones.

Se obtiene en “tiempo real”, la información detallada de los avances físicos, financieros y de los plazos de ejecución de la obra.

El envío de datos a la página Web, se realiza desde el momento que el técnico y/o supervisor termina de hacer el levantamiento de datos.

La información se puede imprimir en formatos como Excel, PDF o Word, para que se puedan analizar, desde cualquier lugar donde se encuentren los ingenieros o los directores de las obras.

El sistema cuenta con varios módulos que permiten llevar la secuencia de los trabajos monitoreados.

³⁴ GPS: Sistema Global de Navegación, permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, persona o vehículo, con una precisión hasta de centímetros.

2. Registro del equipo a utilizar:

El registro de avance de las obras se ejecuta utilizando dispositivos móviles (teléfono o tablet), mediante una aplicación del sistema, diseñada para el levantamiento y presentación de los datos. El sistema no es estático, es dinámico y dependiendo de la necesidad de los proyectos, las aplicaciones pueden ampliarse y modificarse continuamente, mejorando los procesos y la visualización de la información.

Los equipos móviles de captura de datos deben ser del tipo que los técnicos especifiquen.

En nuestro medio las aplicaciones han sido diseñadas en los Sistemas Operativos Móviles IOS de Apple y Android de Google. Los equipos más usuales son: tipo: I-Phone y tipo: Android y las del tipo: Tablet.

Dispositivos soportados: Iphone 3GS, Iphone 4, Iphone 4S, IPod touch (3ra Generación), IPod touch (4a Generación), IPad 1 y IPad 2.

Requiere IOS 4.3 o superior.

La aplicación para ser usada, debe ser cargada por los técnicos de la empresa que presta el servicio. El equipo móvil se registra en el Servidor Central del Sistema de Información, y este le asigna al usuario una clave única.

El usuario debe ser capacitado, por los técnicos que operan el sistema, para el buen uso del equipo.

Los dispositivos deben ser equipados con un servicio de conexión a internet, entre el dispositivo y el servidor de recepción.

La consulta de la información enviada es casi de manera inmediata.

ALGUNOS MODELOS DEL EQUIPO A USAR



3. Módulo de captura de datos:

Este módulo les permite a los ingenieros, capturar la información en el campo, la cual le permite llevar el control del avance de las obras. Este módulo tiene varios pasos, los cuales son:

3.1. Iniciar sesión:

Ubicado en el área del proyecto, se debe sincronizar el equipo móvil con el equipo del Servidor Central. Para ello se ingresa a la carpeta que le corresponde al proyecto y se despliega en el teléfono móvil, una carpeta, donde el sistema le solicita que inicie la sesión de trabajo; para ello debe ingresar su contraseña registrada. Como la contraseña del usuario autorizado

es única, al ingresarla en el teléfono, sólo se observarán varios puntos, para mantener la confidencialidad de los datos.



Si la clave es errónea, no le permitirá ingresar a las aplicaciones del sistema.

3.2. Menú Geometría:

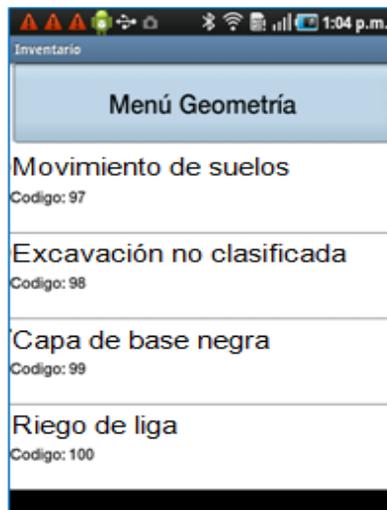
Si la clave es aceptada, se puede ingresar al sistema y el teléfono desplegará las pantallas que le permiten ingresar los datos de avance del proyecto.

El usuario mediante su teléfono móvil, procede a tomar las fotografías que considere necesarias para mostrar el avance de las obras, la calidad de los trabajos y evidenciar los detalles constructivos.



3.2.1 Captura de la Información:

En el teléfono móvil, se busca la aplicación Inventario y se escoge la pantalla **Menú Geometría**. Al desplegarse se escoge el tipo de obra que se va a trabajar, por ejemplo: se puede escoger si es una obra de Movimiento de suelos o si es del renglón Excavación no Clasificada o si corresponde a la Capa de base negra, etc.



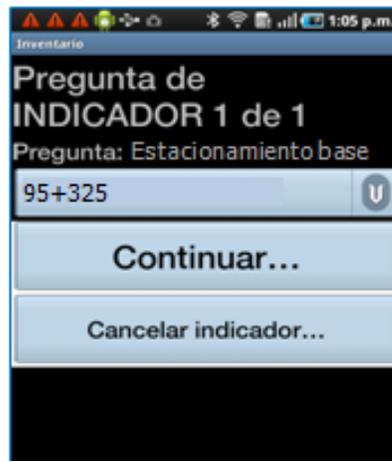
Para escoger el renglón de trabajo, se pulsa el teléfono, realizado esto, se despliega la siguiente pantalla.

3.3. Menú Pregunta de Indicador:

A continuación se despliega la pantalla con las preguntas del INDICADOR para ubicar el estacionamiento de la obra a reportar:

En la casilla correspondiente se ingresa el dato del kilometraje, seguido del signo (+) y a continuación se ingresa la cantidad de los metros lineales; para este caso la obra se ubica en el kilómetro: 95+325. Si se desea cambiar el

dato del estacionamiento se marca **Cancelar indicador** y se repite la operación. Al haber ingresado de manera correcta el estacionamiento, se marca el botón **Continuar...** Al marcar **Continuar....** automáticamente se abre la siguiente pantalla, llamada Menú de Fotografía.



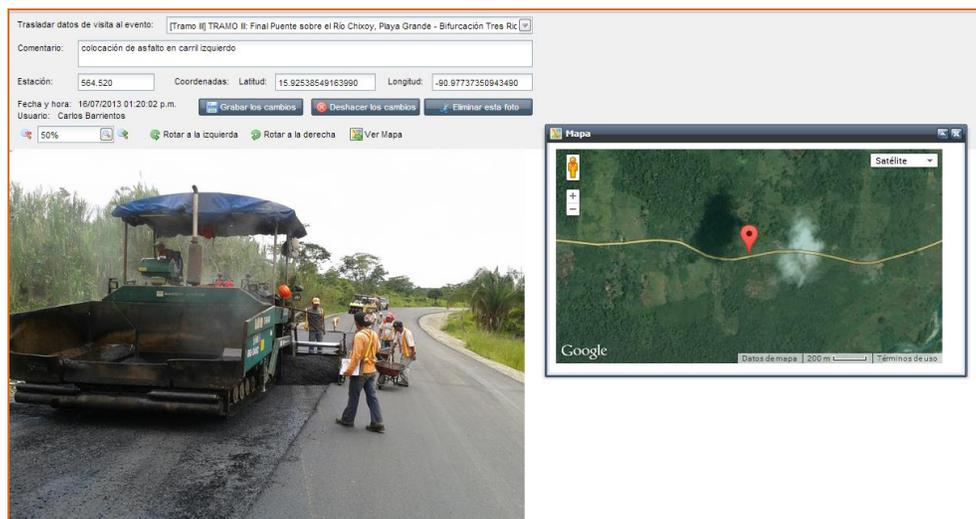
3.4. Menú Fotografía:

Utilizando este menú se captura la imagen de los trabajos que se están ejecutando, en el **Estacionamiento base**, mediante pulsar el ícono de **Fotografía**. Tomada la Fotografía, se requiere llenar el **Comentario** correspondiente y el sistema captura la ubicación del sitio, mediante las coordenadas geográficas, utilizando el GPS. Luego de tomar la fotografía, se pulsa: **Guardar** y automáticamente se envía la información, al sistema.

Si la fotografía tomada, no se considera adecuada, el operador la puede eliminar, pulsando la casilla **Cancelar** y proceder a capturar una nueva foto. Al estar satisfecho con la fotografía debe pulsar **Guardar**



Con un computador que tenga acceso al sistema, se visualiza la información, por medio de una ficha con los siguientes datos: coordenadas geográficas, estacionamiento, fecha y hora del evento, nombre de la persona que tomó la fotografía, nombre del proyecto y el comentario correspondiente. Adicional se adjunta la ubicación de la obra, en un mapa satelital.



4. Visualización de las Pantallas con la Información del Proyecto

Los registros de la ejecución de las obras, podrán ser visualizados en forma tabular, en cualquier momento, utilizando Equipos de Computo o desde un dispositivo móvil. La información se muestra con la ubicación de los trabajos, sobre un mapa.

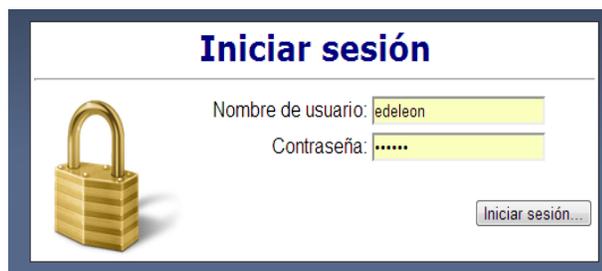
El sistema tiene una variedad de pantallas, que el usuario puede consultar libremente y permite crear nuevas pantallas, dependiendo de las necesidades de información que requieran los proyectos.

4.1 Entrada al Sistema

Se ingresa al sistema mediante cualquier explorador de Internet, tales como: Internet Explorer, Mozilla Firefox, etc.



Por seguridad, el sistema pedirá Iniciar Sesión, para lo cual se ingresa con la clave de autorización similar a la del ingreso de las fotografías.

A screenshot of a login form titled 'Iniciar sesión'. On the left is a gold padlock icon. To the right are two input fields: 'Nombre de usuario:' with the text 'edeleon' and 'Contraseña:' with six dots. A button labeled 'Iniciar sesión...' is at the bottom right.

Al ser aceptada la contraseña, se inicia la sesión de trabajo y se despliega en el computador, la pantalla de inicio.

4.2 Pantalla de inicio y Carpeta Generales

La pantalla de inicio, contiene una serie de 4 carpetas principales y varios iconos que al ser pulsados despliegan: cuadros de información, gráficas, planos, etcétera.

En la parte superior izquierda de la pantalla de inicio, se encuentra la carpeta **Distribución**, donde se marcan los proyectos que tienen información en la base de datos. Se escoge el que se desee visualizar.

Al centro se localiza el **Mapa Gerencial**, el cual dibuja el trazo de la carretera que se está trabajando y despliega la ubicación geográfica y el cuadro de información del proyecto.

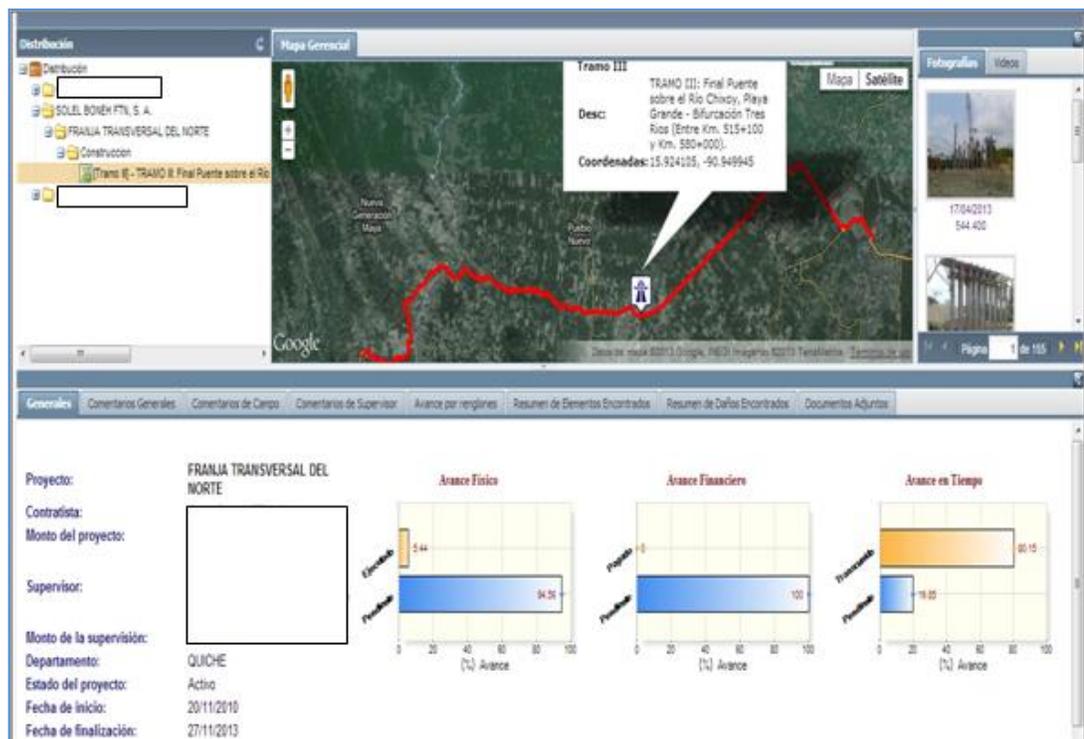
En el lado derecho se presentan las carpetas de Fotografías y Videos que se tienen almacenados, clasificados por fecha y estacionamiento, los cuales corresponden al proyecto en estudio.

En la parte baja, se localizan varias carpetas, con los siguientes datos: Generales, Comentarios Generales, Comentarios de Campo, Comentarios del Supervisor, Avances por Renglones, Resumen de Elementos Encontrados, Documentos adjuntos y otros.

Como ejemplo se visualiza los datos archivados en la carpeta **Generales**, donde se visualizan los datos generales del proyecto: Nombre del tramo, Empresa Contratista, Supervisor, Montos de los Contratos, Departamento

donde se ejecuta el proyecto, Estado del Proyecto, Fecha de inicio y Fecha de Finalización. Adicional se observan las gráficas de avance del proyecto: Avance Físico, Avance Financiero y Avance en el tiempo de ejecución.

PANTALLA DE INICIO



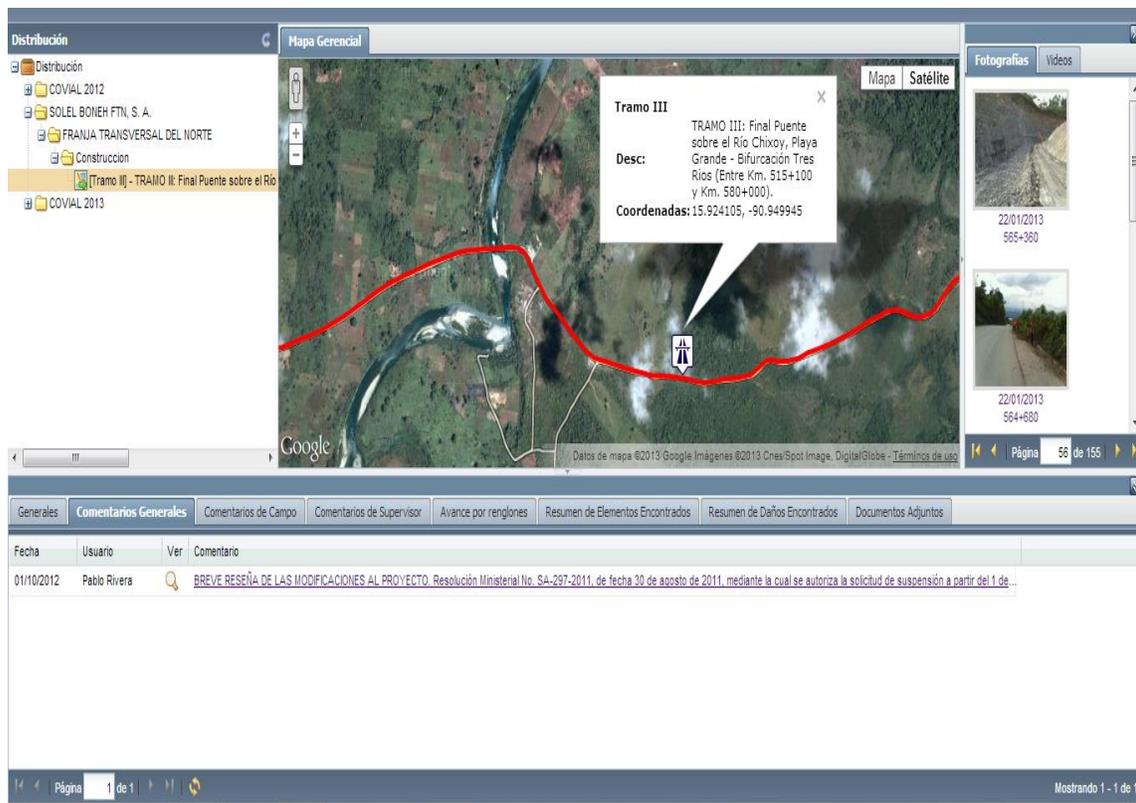
4.3 Carpeta Comentarios Generales

En esta carpeta se archivan los comentarios que el supervisor desee archivar sobre las generalidades del proyecto.

Al marcar con el cursor, el icono de la carpeta **Comentarios Generales**, aparece una columna con la fecha que se archivó el comentario, a continuación está la columna usuario, en la cual se ingresa el nombre de la persona que escribe el comentario, a continuación se localiza la columna Ver, la cual al

pulsarla, abrirá un cuadro llamando Editando comentario del Supervisor del Proyecto.

En la columna Comentario, aparece el encabezado del Comentario General que se ha archivado. Para leerlo completo, es necesario pulsar dos veces sobre el comentario y se desplegará una carpeta llamada **Editando comentario general del proyecto**.



4.3.1 Carpeta Editando comentario general del proyecto

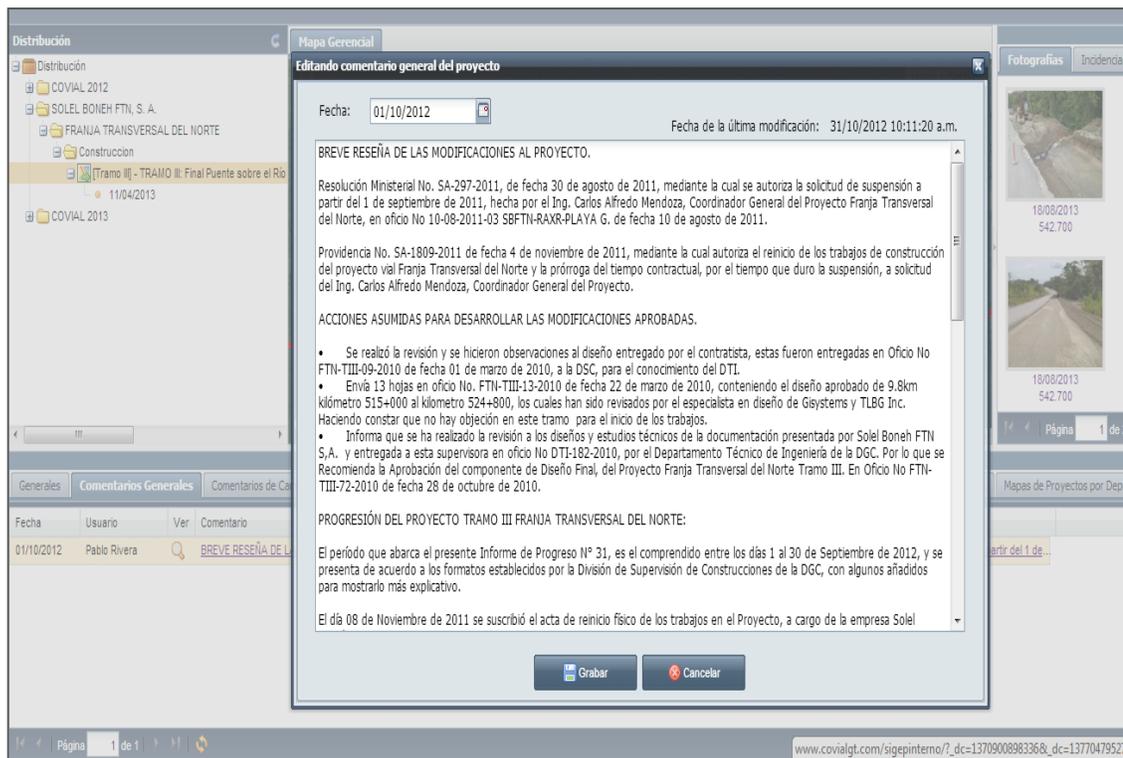
Al pulsar dos veces el comentario general, aparece la carpeta Editando comentario general del proyecto.

A continuación se presenta la imagen obtenida, para este proyecto.

Para salir de la imagen se pulsa en el cuadro **X** que aparece en la parte superior derecha.

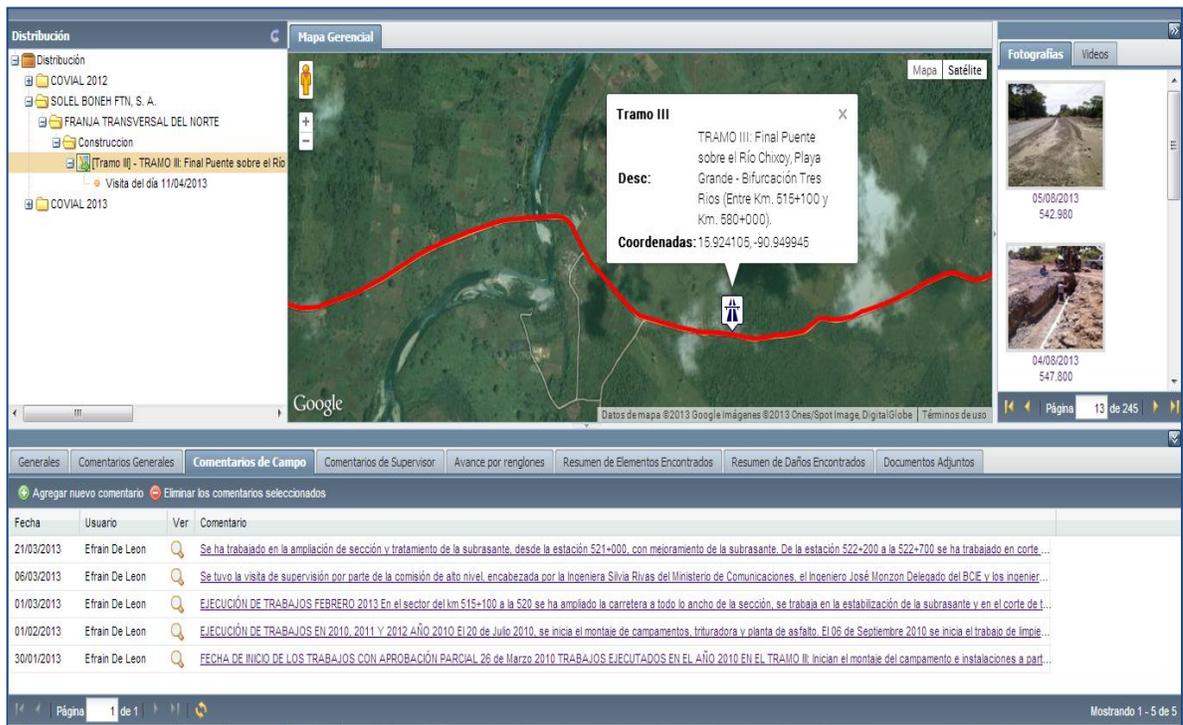
Si se desea grabar algún cambio que se haya efectuado al comentario, se debe pulsar el icono **Grabar** que aparece en la parte inferior derecha de la carpeta.

Si se desea eliminar el comentario, se debe pulsar el icono **Cancelar** y automáticamente desaparece el comentario.



4.4. Carpeta comentario de campo

En esta carpeta archiva los comentarios que el Supervisor realice sobre el desarrollo de los trabajos ejecutados en la obra. Esta carpeta funciona como una Bitácora de Obra.



The screenshot displays a web application interface for project management. The top section features a 'Mapa Gerencial' (Management Map) showing a satellite view of a river area with a red line indicating a project section. A pop-up window titled 'Tramo III' provides details: 'TRAMO III: Final Puente sobre el Río Chixoy, Playa Grande - Bifurcación Tres Ríos (Entre Km. 515+100 y Km. 580+000). Coordenadas: 15.924105, -90.949945'. To the right, there are 'Fotografías' (Photos) and 'Videos' sections, with two photos showing construction progress, each with a date and coordinates.

Below the map, there is a navigation bar with tabs: 'Generales', 'Comentarios Generales', 'Comentarios de Campo', 'Comentarios de Supervisor', 'Avance por regiones', 'Resumen de Elementos Encontrados', 'Resumen de Daños Encontrados', and 'Documentos Adjuntos'. The 'Comentarios de Campo' tab is active, showing a table of field comments.

Fecha	Usuario	Ver	Comentario
21/03/2013	Efrain De Leon		Se ha trabajado en la ampliación de sección y tratamiento de la subrasante, desde la estación 521+000, con mejoramiento de la subrasante. De la estación 522+200 a la 522+700 se ha trabajado en corte...
06/03/2013	Efrain De Leon		Se tuvo la visita de supervisión por parte de la comisión de alto nivel, encabezada por la Ingeniera Silvia Rivas del Ministerio de Comunicaciones, el Ingeniero José Monzon Delegado del ECIE y los ingenier...
01/03/2013	Efrain De Leon		EJECUCIÓN DE TRABAJOS FEBRERO 2013 En el sector del km 515+100 a la 520 se ha ampliado la carretera a todo lo ancho de la sección, se trabaja en la estabilización de la subrasante y en el corte de t...
01/02/2013	Efrain De Leon		EJECUCIÓN DE TRABAJOS EN 2010, 2011 Y 2012 AÑO 2010 El 20 de Julio 2010, se inicia el montaje de campamentos, trituradora y planta de asfalto. El 06 de Septiembre 2010 se inicia el trabajo de limpie...
30/01/2013	Efrain De Leon		FECHA DE INICIO DE LOS TRABAJOS CON APROBACIÓN PARCIAL 28 de Marzo 2010 TRABAJOS EJECUTADOS EN EL AÑO 2010 EN EL TRAMO III. Inician el montaje del campamento e instalaciones a part...

At the bottom of the interface, there is a pagination control showing 'Página 1 de 1' and a status bar indicating 'Mostrando 1 - 5 de 5'.

Al pulsar dos veces sobre el comentario que se desee conocer, se despliega un cuadro **Editando comentarios de campo**.

The screenshot shows a web application interface for project management. At the top, there is a 'Distribución' sidebar with a tree view showing project folders like 'COVIAL 2012', 'SOLEL BONEH FTN, S. A.', and 'FRANJA TRANSVERSAL DEL NORTE'. The main area is a 'Mapa Gerencial' with a satellite view of a river and a red line representing a route. A pop-up window titled 'Tramo III' provides details: 'TRAMO III: Final Puente sobre el Río Chixoy, Playa Grande - Bifurcación Tres Ríos (Entre Km. 515+100 y Km. 580+000)' and coordinates '15.924105, -90.949945'. To the right, there are photo thumbnails with dates and coordinates. Below the map is a navigation bar with tabs like 'Comentarios de Supervisor'. The main content area contains a table of supervisor comments.

Fecha	Usuario	Ver	Comentario
30/06/2013	Carlos Barrientos	Q	Domingo 30 de Junio de 2013 Descanso por fin de Plan no se realizaron trabajos, se quedó personal de turno para cubrir cualquier emergencia.
29/06/2013	Carlos Barrientos	Q	Sábado 29 de Junio de 2013 Descanso por fin de Plan no se realizaron trabajos, se quedó personal de turno para cubrir cualquier emergencia.
28/06/2013	Carlos Barrientos	Q	Viernes 28 de Junio de 2013 Descanso por fin de Plan no se realizaron trabajos, se quedó personal de turno para cubrir cualquier emergencia.
27/06/2013	Carlos Barrientos	Q	Jueves 27 de Junio de 2013 Descanso por fin de Plan no se realizaron trabajos, se quedó personal de turno para cubrir cualquier emergencia.
26/06/2013	Carlos Barrientos	Q	Miércoles 26 de Junio de 2013 Relleno de agregado para sub-drenaje de la Est. 567+670 a la Est. 567+690 lado derecho. Trabajos de corte y limpieza de la Est. 572+320 a la Est. 572+550 lado derecho. ...
25/06/2013	Carlos Barrientos	Q	Martes 25 de Junio de 2013 Colocación de carpeta asfáltica y riego de loa de la Est. 550+695 a la Est. 550+590 lado derecho 4 vias, 72.19 toneladas, de la Est. 550+750 a la Est. 550+725 lado derecho 2 ...

4.5 Carpeta Comentarios del Supervisor

La carpeta está concebida para que el supervisor ingrese los comentarios que considere pertinentes al trabajo ejecutado en el día o alguna situación que considere relevante.

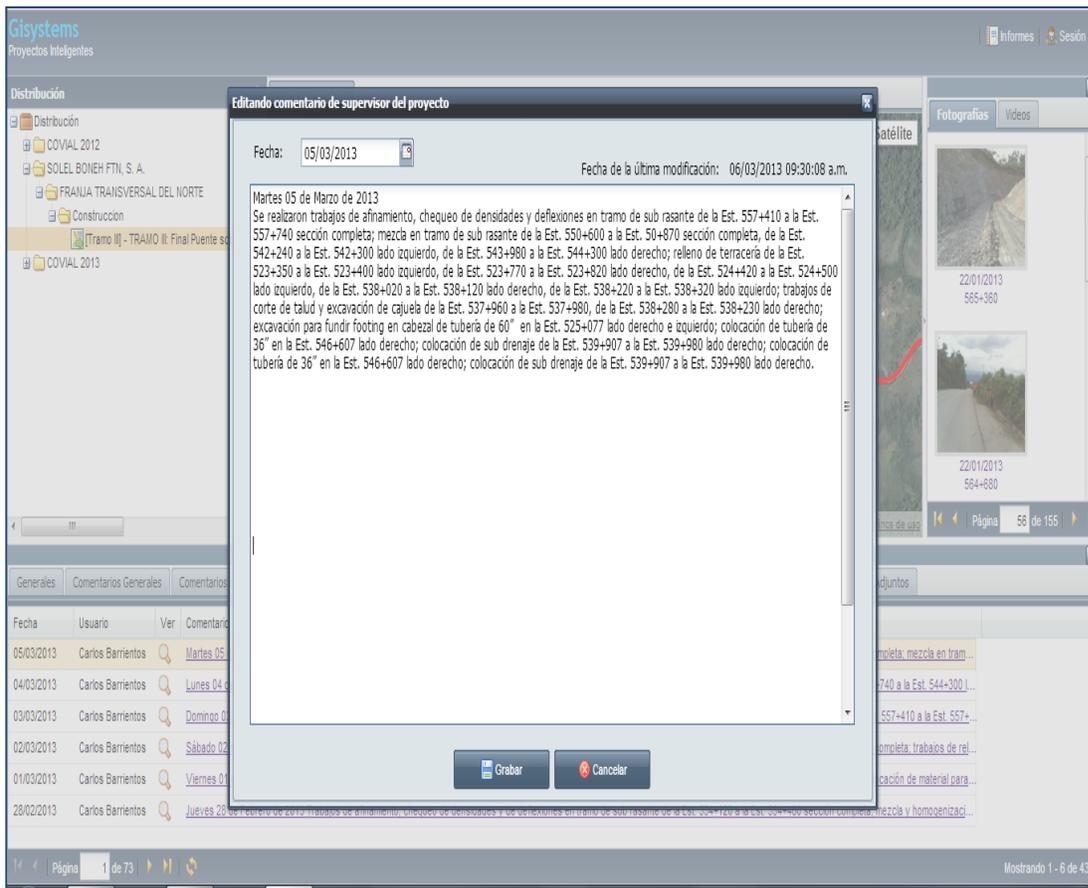
4.5.1 Carpeta Editando comentario del Supervisor del Proyecto

Para este ejemplo se muestra el despliegado de la carpeta **Editando comentario del Supervisor del Proyecto**, en la cual, el supervisión describe los trabajos realizados en el proyecto.

Se pueden documentar varios comentarios y el sistema los archivará de acuerdo a la fecha en que se ingresó.

En la ficha del Comentario aparece la fecha de ingreso y también anota la fecha de la última modificación que se le haga.

Al generar un nuevo comentario, abrirá una nueva fila y registrará los datos correspondientes.



4.6. Carpeta Avance por renglones

Esta carpeta está diseñada para llevar el control del avance de la obra por cada uno de los renglones, y el control del Avance físico y Avance Financiero, de acuerdo a la fecha de la actualización.

Esta carpeta permite llevar un registro de avance de la obra, debe actualizarse constantemente con el avance de las obras.

Para verificar los datos de avance de la obra, el usuario debe ingresar a la carpeta **Avance por renglones** y se despliega un cuadro con los datos de avance físico y financiero de la obra.

Se clasifican los datos por renglones de trabajo, se indica la cantidad ejecutada, el monto en Quetzales de la estimación de la obra ejecutada y los porcentajes de avance de obra por renglón y el porcentaje del monto de costo ejecutado.

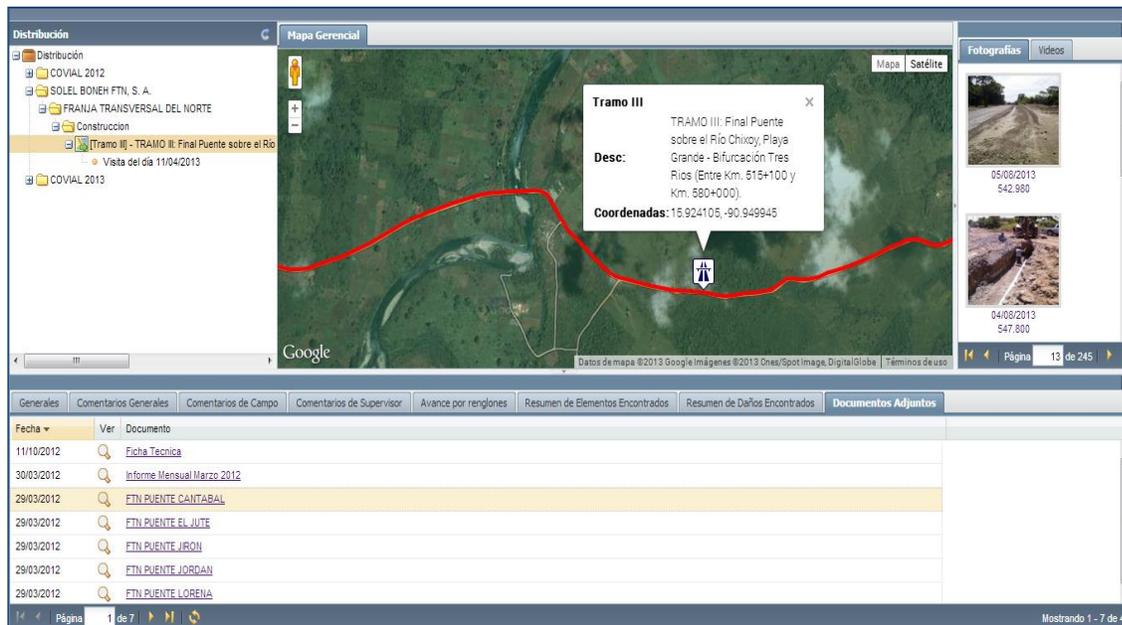
Mapa General

Desc: sobre el Río Chusú, Playa Grande - Bifurcación Tres Ros (Entre Km. 515+000 y Km. 590+000).
Coordenadas: 15.924105, -90.949945

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total	% Renglón	% Avance de renglón	% Avance físico real	Avance financiero	Actualizado al	Actualizó
1	Terracería	km	96.10	Q 189,042.74	Q 9,483,185.00	24.19 %	59.14 %	14.31 %	Q 5,608,355.61	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Drenaje Interior Alcantarillas y Subdrenajes	km	96.10	Q 34,959.50	Q 1,960,723.00	5.00 %	32.28 %	1.61 %	Q 632,621.58	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Cunetas y Obras de Concreto	km	96.10	Q 18,963.40	Q 1,963,290.25	2.71 %	36.51 %	0.99 %	Q 386,207.27	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Sub Base Con Cemento	km	96.10	Q 70,584.86	Q 3,959,310.50	10.10 %	24.81 %	2.51 %	Q 982,428.99	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Caja de base	km	96.10	Q 83,489.53	Q 4,679,274.50	11.94 %	21.94 %	2.62 %	Q 1,026,632.83	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Concreto Asfáltico	km	96.10	Q 202,263.03	Q 11,346,956.00	28.95 %	19.04 %	5.51 %	Q 2,180,460.42	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Señalización	km	96.10	Q 13,843.29	Q 779,608.56	1.96 %	0.00 %	0.00 %	Q 0.00	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Mitigación Ambiental	km	1.00	Q 834,094.94	Q 834,094.94	2.13 %	36.00 %	0.01 %	Q 316,996.08	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Obras de Paso Puentes y Bóvedas	km	1.00	Q 4,227,467.97	Q 4,227,468.00	10.79 %	19.47 %	2.10 %	Q 823,086.02	31/12/2012	Alberto Viorales
1	Renglones Varios	km	1.00	Q 864,379.40	Q 864,379.38	2.21 %	85.00 %	1.43 %	Q 861,846.60	31/12/2012	Alberto Viorales
TOTALES					Q 28,196,796.93	100.00 %		31.89 %	Q 12,806,897.19		

4.7. Carpeta Documentos Adjuntos

El sistema cuenta con la pestaña Documentos Adjuntos. Se pulsa la pestaña y permite archivar y consultar los documentos guardados; tales como Informes Mensuales, Fichas Técnica, Planos de la obras a ejecutar, etc.



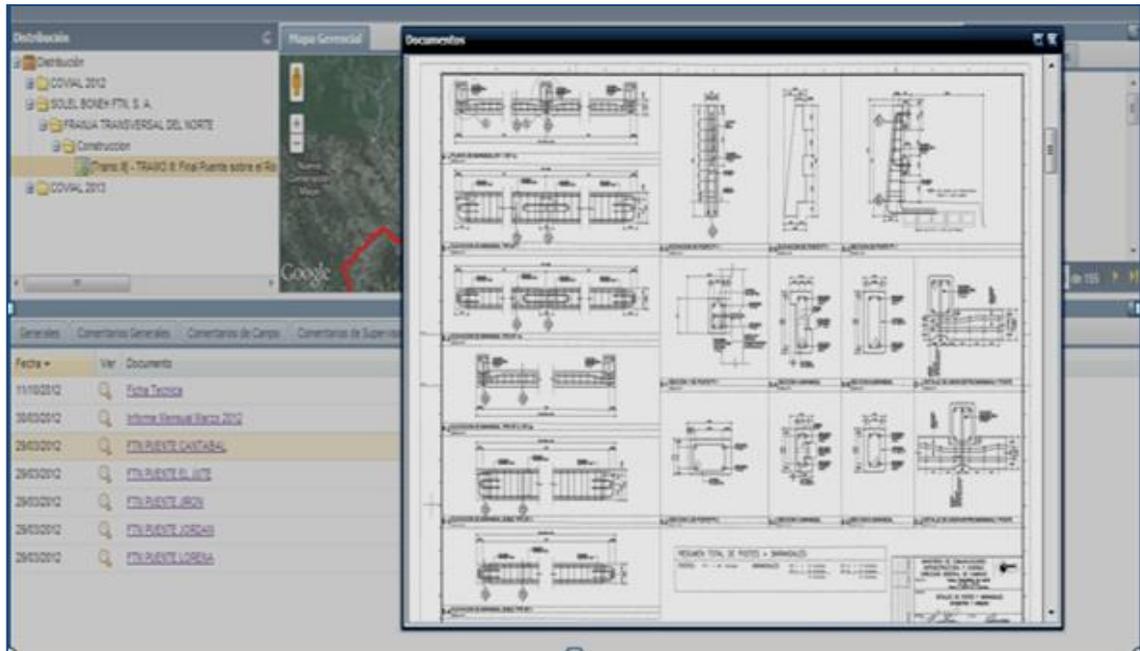
The screenshot displays a web application interface. At the top, there is a navigation bar with tabs: 'Distribución', 'Mapa Gerencial', 'Fotografías', and 'Videos'. The 'Mapa Gerencial' tab is active, showing a satellite map of a river area with a red line indicating a project route. A tooltip for 'Tramo III' is visible, providing details: 'TRAMO III: Final Puente sobre el Río Chivoy, Playa Grande - Bifurcación Tres Ríos (Entre Km. 519+100 y Km. 580+000)' and coordinates '15.924105, -90.949945'. Below the map, there is a list of documents under the 'Documentos Adjuntos' tab. The list includes the following entries:

Fecha	Ver	Documento
11/10/2012		Ficha Técnica
30/03/2012		Informe Mensual Marzo 2012
29/03/2012		FTN PUENTE CANTABAL
29/03/2012		FTN PUENTE EL JUTE
29/03/2012		FTN PUENTE JIRON
29/03/2012		FTN PUENTE JORDAN
29/03/2012		FTN PUENTE LORENA

At the bottom of the interface, there is a pagination control showing 'Página 1 de 7' and a status bar indicating 'Mostrando 1 - 7 de 48'.

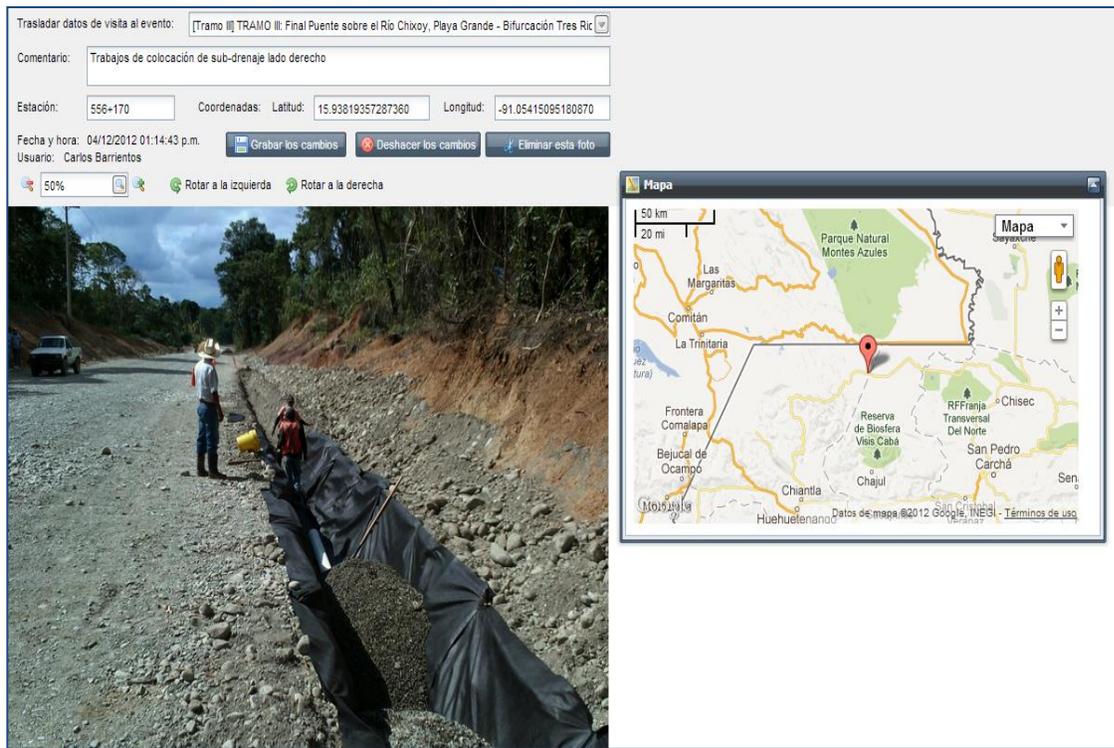
4.7.1. Carpeta Documentos Adjuntos

Estando en la carpeta **Documentos Adjuntos**, el usuario debe pulsar sobre el documento que desea visualizar y este se muestra dentro de la carpeta de consulta. Como ejemplo de la consulta, se muestran los planos del Puente Cantabal, archivados en el sistema.



5. Descripción De Los Datos De Las Fotografías Almacenadas En El Sistema

El usuario puede consultar las fotografías almacenadas en el sistema. Se ingresa pulsando la carpeta Fotografías, la cual se encuentra ubicada en la parte superior izquierda de la pantalla de inicio. Ubicado en la carpeta Fotografías, se escoge la foto que se desea estudiar y se pulsa dos veces sobre la fotografía escogida. Seguidamente el sistema presenta un recuadro con los datos de ubicación de la fotografía y un recuadro con el mapa del área donde se realizó la toma de la foto.



Cada fotografía subida al sistema presenta la siguiente información:

- Nombre del proyecto evaluado.
- Comentario de los trabajos, redactado por el supervisor en campo.
- Kilometraje de la estación donde se ejecutan los trabajos.
- Las coordenadas geográficas (Latitud y Longitud).
- Fecha y hora de la toma de la fotografía.
- Nombre del supervisor que tomó la fotografía e ingresó el comentario.
- Cuadro con la fotografía tomada, la cual permite que se gradúe el porcentaje de ampliación que se desea para visualizarla. Se cuenta con un rango de ampliación desde 5% al 500%.
- Recuadro con el Mapa de ubicación del sitio donde se tomó la fotografía, con un rango de ampliación de acercamiento dentro del mapa de: 5

metros a 500 kilómetros. En la grafica se muestra la ubicación del trabajo fotografiado con una ubicación aérea de 50 kilómetros.

6. Reporte De Avance De Obras

El sistema puede generar diversos tipos de reportes de control, que permiten darle seguimiento a la ejecución de las obras que se supervisan; de acuerdo a los requerimientos del los Directores de obras.

Por ejemplo: Le permite al supervisor generar reportes para estimaciones de pago, informes de avance, etc.

De acuerdo a las necesidades del usuario, se pueden generar los diversos tipos de informes; como ejemplo, se presenta un tipo de informe de avance de obras:

TIPO DE REPORTE DE AVANCE DE OBRAS

Tramo :	QUETZALTENANGO - SAN JUAN OSTUNCALCO		
Departamento :	Quetzaltenango	Longitud (Km) :	10.85
Contratista :			
Monto original :			
Supervisor :			



Estación :	9.260	Fecha :	06/11/2012
Descripción			
Disipadores de energía			



Estación :	9.260	Fecha :	06/11/2012
Descripción			
Muro de tierra armada finalizado			

INFORME

Se realizaron los siguientes trabajos: Recuperación del pavimento existente: de la Est. 0+000 a la Est. 1+000, lado derecho, de la Est. 1+000 a la Est. 1+100, ambos lados, colocación de carpeta asfáltica (2 capas de e=5cm cada una) de la Est. 0+000 a la Est. 1+000, lado derecho y de la Est. 1+000 a la Est. 1+100, ambos lados.

Se observan un alto porcentaje de piel de lagarto y grietas longitudinales, ambos daños de severidad alta; así como un bajo porcentaje de parches de severidad media, baches y desprendimiento de severidad baja.

Existen defensas metálicas dañadas en las estaciones: 7+880 y 9+500. Se construyeron muros de tierra armada en los siguientes estacionamientos: 9+260, 9+400, 9+770 y 10+000, el paso esta habilitado en estos puntos.

Al momento de la visita se ejecutaban trabajos de limpieza en la Est. 1+300, por la empresa L-158.