

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“SISTEMATIZACIÓN DEL PROYECTO DE LA  
CARRETERA TINGO MARIA - AGUAYTIA, TRAMO:  
PUENTE PUMAHUASI - PUENTE CHINO,  
APLICADO A LAS OBRAS DE ARTE (Km 15+000 al  
Km 38+000)”



TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTADOR POR  
CARLOS ENRIQUE PABON GUERRERO

LIMA-PERÚ  
2015

Este trabajo se lo dedico a mi familia, especialmente a mis padres por mi educación superior y los valores inculcados, los cuales me enseñaron a ser mejor cada día.

Y en agradecimiento a mi asesor PhD. Ing. Miguel Estrada Mendoza por su constante apoyo y orientación.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS	
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	01
1.1 Generalidades	01
1.2 Importancia	05
1.3 Justificación	06
1.4 Objetivos	07
1.4.1 Objetivo General	07
1.4.2 Objetivos Específicos	08
<b>CAPÍTULO II: ASPECTOS TEÓRICOS</b>	
2.1 Introducción	09
2.2 Conceptos Básicos	13
2.3 Cartografía	17
2.4 Fotogrametría	20
2.5 Imágenes de Satélite	23
2.6 Sistemas de Información Geográfica	27
2.7 Sistema de Información Vial	32
<b>CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	
3.1 Introducción	37
3.2 Ubicación Geográfica, Política, límites y extensión	39
3.3 Vías de Acceso	40

3.4	Aspecto Climático	41
3.5	Hidrografía.	43
3.6	Aspecto Socio Económico	44

## **CAPÍTULO IV: LAS IMÁGENES DE SATELITE**

4.1	Introducción	45
4.2	La Tecnología de la percepción remota	46
4.2.1	La Tecnología de los sensores remotos	48
4.2.2	La Tecnología de exploración por satélite	49
4.2.3	Procesos de interacción en percepción remota	52
4.3	Las imágenes satelitales para la observación terrestre	55
4.4	Sensores satelitales multiespectrales	56
4.4.1	Sensor TM Landsat 5, ETM + Landsat 7	60
4.4.2	Sensor ASTER	65
4.5	Metodologías de clasificación de imágenes satelitales	67
4.5.1	Métodos no supervisados	70
4.5.2	Métodos supervisados	72
4.5.3	Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada	73
4.6	Metodologías para la detección de cambios usando imágenes satelitales multitemporales	79
4.6.1	Diferencia de bandas	80
4.6.2	Cociente de bandas	81
4.6.3	Análisis de Componentes Principales	83
4.6.4	Análisis de Regresión de Imágenes	85

## **CAPÍTULO V: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE GESTIÓN**

5.1	Introducción.	87
5.2	Recopilación de datos.	89
5.3	Descripción de la metodología de Sistematización.	111
5.4	Desarrollo del Plan de Diseño del Sistema de Gestión.	114

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

6.1	Ubicación sistematizada de las obras de arte por medio del Sistema Integrado Mapa-Base de Datos.	124
6.2	Resultado de Consultas.	134
6.3	Generación de Resúmenes y Reportes Estadísticos	135
6.4	Resultados del Procesamiento de Imágenes	143
	6.4.1 El NDVI	144
	6.4.2 Resultado de Cambios	146
	6.4.3 Resultado de la Clasificación de Evaluación De Cárcavas	147
6.5	Generación de Mapas Temáticos	149

## **CAPÍTULO VII:**

7.1	Conclusiones	155
7.2	Recomendaciones	157

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>158</b>
-----------------------------------	------------

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades

Un sistema de información geográfica (SIG) se define como un conjunto de datos, métodos y herramientas diseñadas para actuar de manera lógica y coordinada para capturar, guardar, analizar (en una base de datos geográfica, BDG), transformar y presentar la información geográfica y la de sus atributos, con el fin de satisfacer varios propósitos, esta base de datos comprende datos espaciales y datos no espaciales.

El presente estudio, es una aplicación de los sistemas de información geográfica, a la gestión de las obras de arte de un proyecto de carretera, mediante la elaboración de un sistema integrado mapa - base de datos, para su rápida consulta y eficiente administración. Es decir se puede describir como un inventario, ordenamiento de diversas actividades y procesos constructivos en las obras de arte y drenaje, tales como la construcción de muros de sostenimiento, cajas de toma, cabezales de salida, aliviaderos, sub drenes, emboquillados, zanjas de coronación, bordillos, cunetas entre otros, que se ejecutaron en el proyecto de la carretera Tingo María - Aguaytia, en una 1ra etapa de construcción que empieza en el Km 15+000 y culmina en el Km 38+000.

De esta forma se puede proporcionar la ubicación, describir, clasificar y monitorear en tiempo real los diversos sistemas de drenaje, obras de concreto armado, inventario de deslizamientos y derrumbes, evaluación de sectores críticos como asentamientos y desprendimiento de plataforma, zonas de inestabilidad de taludes, zonas de cárcavamiento, así como también interpretar los costos respectivos de las diferentes actividades de obra y el debido mantenimiento de vía, además de otras actividades que involucra el proyecto, de una manera sistematizada.

También se investigará acerca de los métodos de detección de cambios, esta identificación de cambios está enfocada a zonas críticas del proyecto llamadas cárcavas, mediante el procesamiento digital de imágenes de satélite en una etapa de su formación, como a su vez la comparación en una etapa inicial y final de la construcción de diques, terraplenes, obras de arte y proceso de hidrosiembra, realizadas en las cárcavas.

Las imágenes satelitales se pueden definir como la representación visual de la información capturada por un sensor remoto, montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen energía reflejada o emitida de la superficie de la tierra, para finalmente ser procesada digitalmente y de esta forma poder detectar cambios en la superficie terrestre.

Estas imágenes poseen gran variedad de aplicaciones como el desarrollo y aplicación urbana, planificación y administración de uso de suelos, infraestructura en carreteras, recursos naturales, forestales entre otras.

Como resultado de la Licitación Pública por Proceso Abreviado LP – N° 0024-2006-MTC/20, se otorgó la Buena Pro al CONSORCIO PUENTE CHINO conformado por las empresas constructoras Camargo Correa y Queiroz Galvao de Brasil, para la Ejecución de la Obra de “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Tingo María – Aguaytía, Tramo: Puente Pumahuasi – Puente Chino”.

Con fecha 27 de Junio de 2007, se suscribió el Contrato de Ejecución de Obra N° 100-2007-MTC/20, con un monto total de propuesta económica ascendente a S/. 157'995,448.96 (Ciento Cincuenta y Siete Millones Novecientos Noventa y Cinco Mil Cuatrocientos Cuarenta y Ocho y 96/100 Nuevos Soles), incluido el I.G.V., con precios referidos al mes de Agosto de 2006.

La Carretera Tingo María – Aguaytía, tramo Puente Pumahuasi - Puente Chino se encuentra ubicada en las Regiones de Huánuco y Ucayali.

La construcción del tramo inicia en el Km. 15+200 - Puente Pumahuasi, Distrito de Hermilio Valdizán, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco y termina en el Km. 51+550 - Puente Chino, Distrito de Padre Abad, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali.

Es preciso resaltar que el proyecto fue culminado recientemente y fue dividido en 2 etapas:

- La primera etapa inicia en el Km. 15+200 y culmina en el Km. 38+000, este sub-tramo atraviesa varias zonas geológicamente inestables, entre las cuales se encuentra la de mayor relevancia el sector crítico Las Vegas, ubicado entre los Km. 22+900 al Km. 25+100.

La zona inestable Las Vegas, se caracteriza por la presencia de un material de alta susceptibilidad a la erosión por la acción de las aguas de escorrentía superficial y profunda. La extensión aproximada de las zonas inestables es de 30 Has, distribuidas en 10 cárcavas denominadas Cárcava 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10. De éstas, las que afectan directamente la estabilidad de la carretera son la Cárcava 1 de 1.8 Ha, la Cárcava 2 la de mayor extensión, llegando a alcanzar un área de 8.1 Has, la Cárcava 3 de 5.8 Has y la Cárcava 4 de 3.1 Has, ubicados en ambos lados de la plataforma.

En este sector crítico de la vía se observo tramos de cunetas colapsadas que vertían el caudal colectado directamente hacia las cárcavas, aumentando el ámbito de éstas y reduciendo el ancho de la vía considerablemente entre 4 y 5 m en ciertos sectores. En la zona del escarpe principal se encontraban los sitios más afectados por la erosión, los cuales llegaban a

alcanzar alturas hasta de 25 m a causa de las deficientes entregas de las obras de drenaje de la vía.

Los procesos de cárcavamiento en el sector crítico Las Vegas, tuvieron su origen durante la apertura de la carretera y el poblamiento de la zona; estos factores han contribuido a la destrucción paulatina del bosque.

- La segunda etapa inicia en el Km. 38+000 y termina en el Km. 51+550, este sub-tramo también atraviesa sectores inestables como la zona del Huanuqueño ubicado en Km. 46+870 al Km. 47+100, así como también el Km. 50+340 al Km. 50+430, el cual es denominado como sector de deslizamiento potencial.

Cabe resaltar que el presente estudio de sistematización de información geográfica aplicada a las obras de arte de este proyecto de carretera como en las cárcavas, sólo se realizó en la 1ra etapa de construcción que empieza en el Km. 15+000 y culmina en el Km. 38+000, debido a la continuidad de la obra en ejecución, la segunda etapa empezó 3 meses después a consecuencia de las intensas lluvias en el tramo.

## **1.2 Importancia**

Mediante la sistematización de la información del proyecto de la carretera Tingo María – Aguaytia, tramo: Puente Pumahuasi - Puente Chino, aplicado a las obras de arte, se podrá proporcionar

información en forma sistematizada de uso múltiple, de manera que sirva para la ubicación, descripción, clasificación, análisis y monitoreo en tiempo real de todas las estructuras de obras de arte y drenaje del proyecto, facilitando la toma de decisiones.

La sistematización de información en proyectos viales mediante los sistemas de información geográfica es muy importante para la gestión de carreteras, hoy en día lo abarca todo, desde el diseño de carreteras, la generación de cartografía, los modelos de terreno, hasta la elaboración de mediciones y presupuestos y de un tiempo a esta parte, la gestión y conservación de carreteras, o la presentación multimedia de proyectos.

Por eso se hace imprescindible la puesta en marcha de esta técnica de sistematización de información en proyectos de carreteras, debido a la carencia de llevar un control más ordenado, completo, entendible, práctico y principalmente en tiempo real de las diversas actividades y/o procesos constructivos relacionados a las obras de arte de la carretera. Este control no solo tendría que ser enfocado a las obras de arte de un proyecto vial, también debería ser aplicado en distintas actividades o áreas de producción y gestión involucrados a los proyectos de construcción vial.

### **1.3 Justificación**

Es indispensable hoy en día, manejar la información de los datos físicos de un proyecto de carretera en forma digital o

computarizada, de manera que se pueda incluir, no sólo la ubicación geográfica de las distintas obras de arte y drenaje del proyecto, sino también tener vinculado a estos, los datos o atributos, para tener actualizado y sistematizado la información del proyecto, así de esta forma se puede proporcionar la ubicación, descripción, clasificación y monitoreo en tiempo real de las diversas estructuras de obras de arte y drenaje, de tal manera que facilite la toma de decisiones y que contribuya a la administración y gestión de los recursos en forma acertada y actualizada.

Los sistemas de información geográfica (SIG), con aplicación en la gestión vial surge como una necesidad ante la difícil tarea de optimizar y racionalizar los recursos, costos y tiempos que se necesitan en la construcción y mantenimiento de carreteras, así mismo también los necesarios e indispensables para su buen funcionamiento, desarrollo del sistema que permita su imprescindible y constante actualización para poder finalmente proporcionar información sistematizada de uso múltiple.

#### **1.4 Objetivos.**

##### **1.4.1 Objetivo General**

Sistematizar la información sobre las diferentes estructuras de obras de arte y drenaje de la carretera Tingo María – Aguaytia, tramo: Puente Pumahuasi - Puente Chino, para su

rápida consulta y eficiente administración, a través de la elaboración de un sistema integrado mapa-base de datos, utilizando los sistemas de información geográfica.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Desarrollar e implementar un inventario de todas las estructuras que comprende las obras de arte del proyecto de la carretera Tingo María - Aguaytia, tramo Puente Pumahuasi - Puente Chino.
- Diseñar y elaborar planos temáticos basados en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), de tal manera que sirva para la ubicación, descripción, clasificación y monitoreo de todas las estructuras de obras de arte del proyecto.
- Elaborar resúmenes, reportes y cuadros estadísticos en base a los resultados obtenidos.
- Identificar y ubicar geográficamente zonas críticas, tales como posibles sectores de formación de cárcavas, zonas de mayor filtración de agua debido a lluvias, taludes de corte inestables, sectores de erosión y socavación, desprendimientos de plataforma, mediante el procesamiento digital de imágenes de satélite.

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS TEÓRICOS**

#### **2.1 Introducción**

Tan importante para el comportamiento estructural de las carreteras, es el drenaje superficial como el drenaje subterráneo. Es evidente, que un adecuado sistema de drenaje superficial y subterráneo alarga la vida útil y el nivel de servicio de una carretera.

Es por eso que en los proyectos de gran envergadura de construcción de carreteras, consideran de alta importancia los diversos tipos de obras de arte y drenaje, así como la mayor puesta de construcción de estos.

Generalmente en un proyecto de carretera, se tiene una numerosa cantidad de estructuras de obras de arte y drenaje, a su vez estas poseen también etapas y/o procesos constructivos que muchas veces resulta complejo monitorear y controlar en campo, más aún cuando se realizan de manera simultánea y en diversos puntos de la vía. (Ver Figura 1, 2, 3 y 4).

Es por eso se hace indispensable el uso de la técnica de sistematización de información aplicado a las obras de arte, así de esta manera se tiene un control más ordenado y actualizado de todas las actividades y/o procesos constructivos, para finalmente

proporcionar información en forma sistematizada de uso múltiple, mediante la elaboración de un sistema integrado mapa – base de datos, de tal manera que sirva para la ubicación, descripción, clasificación y análisis de todas las estructuras de obras de arte del proyecto en tiempo real, facilitando la toma de decisiones, agilizando consultas y que contribuya a una eficiente administración. (Ver Figura 5).



Figura 1. Estructura de entrada, Caja Toma.



Figura 2. Estructura de entrada, Aliviadero.



Figura 3. Cuneta Triangular, lado izquierdo.



Figura 4. Muro de concreto armado, lado izquierdo.

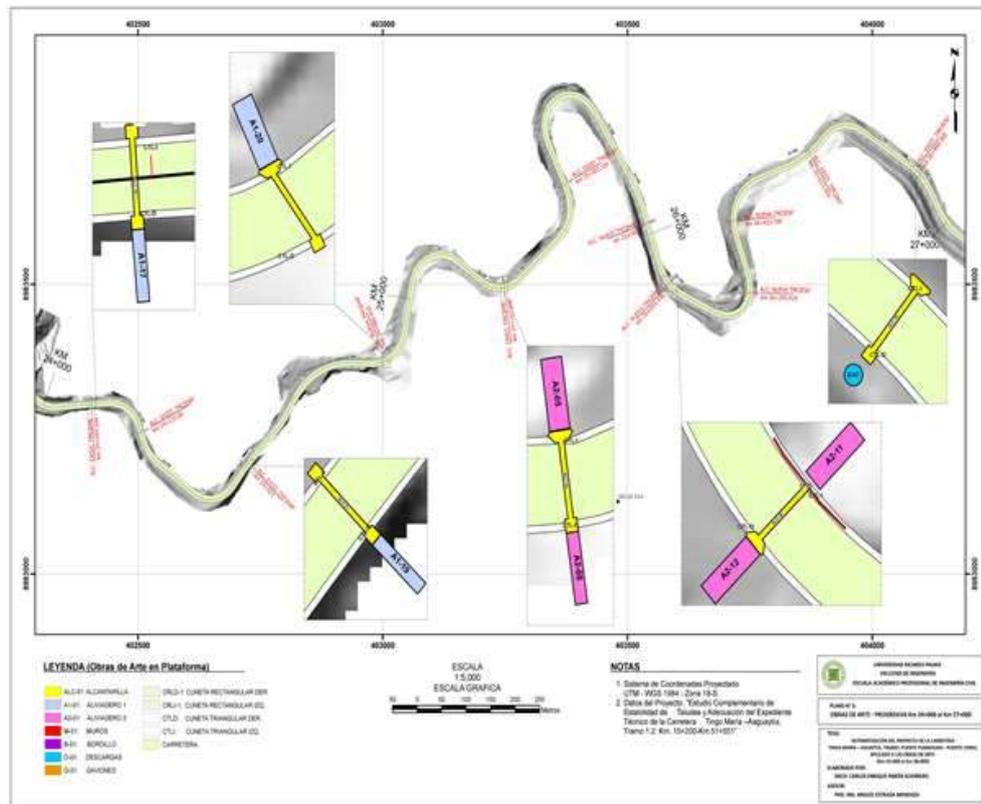


Figura 5. Plano Temático de un sector de carretera, del sistema integrado mapa-base de datos.

## **2.2 Conceptos Básicos**

### **2.2.1 Sistematización**

La sistematización es el ordenamiento y clasificación de la información bajo determinados criterios, relaciones y categorías de todo tipo de datos.

### **2.2.2 Gestión**

Es la disciplina que se encarga de organizar y administrar los recursos de manera que se pueda concretar todo el trabajo requerido por un proyecto dentro del tiempo y del presupuesto definido.

### **2.2.3 Cárcavas**

Las cárcavas constituyen el estado más avanzado de erosión y se caracterizan por su profundidad, que facilita el avance lateral y frontal por medio de desprendimientos de masas de material en los taludes de pendiente alta que conforman el perímetro de la cárcava. Estas aparecen con frecuencia en el relieve arcilloso.

### **2.2.4 Hidrosiembra**

Sistema de riego que permite la estabilización del terreno realizando un trabajo rápido y eficaz, sobre todo en el tratamiento de superficies de gran pendiente o en terrenos pobres con ausencia de material orgánico.

### **2.2.5 Erosión**

También llamado Lavado Superficial, es el proceso natural en el cual existe desprendimiento, transporte y depósito de partículas o masas pequeñas de suelo, por acción de las fuerzas generadas por el movimiento del agua, produciendo surcos y cárcavas.

Las gotas de lluvia pueden contribuir al desprendimiento de partículas.

### **2.2.6 Socavación**

Es la excavación profunda causada por el flujo del agua que arranca y acarrea material, convirtiéndose en una de las causas más comunes de falla en puentes.

La socavación también provoca el retroceso de las cascadas y de los acantilados que, al ser privados de apoyo en su base, se van desplomando progresivamente.

### **2.2.7 Asentamiento**

Es la desviación longitudinal de las superficies del pavimento con relación a su perfil original. Se le considera cuando la deformación es mayor de 25 mm y compromete una longitud considerable de la vía.

### **2.2.8 Derrumbes**

Los derrumbes son movimientos de tierra, de forma rápida y violenta que se producen en fuertes pendientes, originados por la gravedad o por saturación del suelo.

### **2.2.9 Rápidas**

Estructura de drenaje ubicado en la pendiente del dique y terraplén conformado, tiene la función de conducir las aguas provenientes de las cunetas colectoras superiores, además de disipar este flujo masivo mediante un diseño de dados de concreto.

### **2.2.10 Obras de Arte y Drenaje**

Las obras de drenaje y sub-drenaje, configuran un sistema que se destina a recibir y encauzar el flujo de las aguas que llegan a la plataforma hacia afuera del centro del camino, en forma eficiente y rápida. De no hacerlo, la vía puede deteriorarse prematuramente, pues el agua de lluvia cuando fluye por la plataforma arrastra el material de afirmado, esto puede ocasionar la erosión de terraplenes y del terreno natural, además de causar otros daños adicionales.

El sistema de drenaje, está constituido por los siguientes elementos:

**Drenaje Superficial:**

Bombeo o pendiente transversal, cunetas triangulares o rectangulares, zanjas de coronación, alcantarillas, bordillos, canales y otros.

**Sub-drenaje:**

Filtros longitudinales o también llamados sub-drenes, drenes de penetración transversal, capas drenantes, entre otros.

Otras obras de drenaje superficial son los sardineles, estas son pequeñas estructuras que se colocan en el borde exterior de la plataforma; los aliviaderos, que son encauzamientos generalmente de mampostería de piedra, que bajan transversalmente por los taludes de los terraplenes y que reciben el flujo del agua de los bordillos, alcantarillas y cunetas, para finalmente llevarla fuera de la vía. Otra obra importante que se puede considerar es el dissipador de energía, el cual se utiliza cuando es necesario encauzar agua de lluvia superficial en grandes pendientes y recorridos largos, en el proyecto se hacen llamar las rápidas de las cárcavas.

Las obras de arte del camino comprenden los puentes, pontones, badenes y muros. (Ver Figura 6).



en la que se consideran aspectos geográficos. Un mapa es una figura selectiva, simbolizada y generalmente a escala reducida de alguna distribución especial de una gran área.

Los mapas se clasifican de conformidad con la magnitud de la porción que representan, así como de su contenido, estableciéndose la categoría de mapas generales y mapas especiales.

Los **mapas generales** se dividen a su vez en:

Topográficos; normalmente se elaboran a escala grande 1:5000 a 1:12000, contienen detalles planimétricos y altimétricos, en los que no se toma en cuenta la curvatura de la tierra, sino que se considera como si fuera un plano, su información es rica en detalles, pero abarca pequeñas extensiones de terreno.

Cartográficos; Abarcan una superficie mayor de terreno que los topográficos, pero su información en detalles es menor ya que va en relación proporcional a la escala, que comprende de 1:25000 a 1:500000. Se caracteriza porque su levantamiento se apoya en puntos de control terrestre proporcionados por la geodesia.

Mapas del mundo entero; Se caracterizan porque representan grandes extensiones y hasta el total de la superficie terrestre, recibiendo el nombre de Mapamundi.

Los **mapas especiales** son los denominados temáticos:

Temático; Como su nombre lo indica, son aquellos que se elaboran para un solo uso o propósito determinado, de algún área o país, en el cual se citen los aspectos o información requerida tales como la división política, producción, economía, demografía, cultura, vegetación entre otros.

### 2.3.2 Carta

Es la misma representación gráfica convencional de la superficie de la tierra, sin embargo, se caracteriza porque su finalidad va encaminada principalmente a la navegación, marítima y aérea, así como a sus derivados.

Las cartas se dividen en tres categorías, marinas generales, náuticas y aeronáuticas.

Las **marinas generales**; Dentro de este tipo se encuentran las batimétricas oceánicas, en ellas se destaca la batimetría de las regiones oceánicas más profundas, que proporcionan una imagen del relieve submarino.

**Náuticas**; Estas pueden ser clasificadas a su vez en costeras y mareas:

De Costeras; Estas cartas se elaboran para la navegación marítima, representando parte del mar adyacente.

De Mareas; Se elaboran igual que las cartas costeras, pero comprenden extensas partes de algún mar u océano.

**Aeronáuticas**; Son representaciones graficas del terreno cuyo propósito es el de guiar y facilitar la navegación aérea,

su elaboración contiene mayores especificaciones que cualquier otro tipo de cartas, comenzando desde la proyección o sistema de meridianos y paralelos a representar, hasta la inclusión de ayudas para la navegación como son las marcas terrestres previamente visibles desde un avión.

## **2.4 Fotogrametría**

La fotogrametría es el conjunto de métodos y procedimientos mediante los cuales podemos deducir de la fotografía de un objeto, la forma y dimensiones del mismo; el levantamiento fotogramétrico es la aplicación de la fotogrametría a la Topografía. La fotogrametría no es una ciencia nueva, ya que los principios matemáticos en que se basa son conocimientos desde hace más de un siglo, sin embargo sus aplicaciones topográficas son mucho más recientes.

Básicamente la fotogrametría es: "medir sobre fotos". Si trabajamos con una foto podemos obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir información bidimensional. Si trabajamos con dos fotos, en la zona común a éstas, podremos tener visión estereoscópica; o dicho de otro modo, información tridimensional.

El objetivo de la fotogrametría de largo alcance es el conocimiento de las dimensiones y la posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de

dos o más fotografías, o de una fotografía y el modelo digital del terreno correspondiente al lugar representado.

Esta técnica es básica para la elaboración de toda la cartografía, ya sea topográfica, temática y catastral. También se utiliza la fotogrametría en meteorología, astronomía, balística, geología, hidráulica, entre otros.

La fotogrametría puede ser terrestre o aérea dependiendo desde donde son obtenidas las imágenes.

En la fotogrametría terrestre, el punto de vista es fijo y se determina sus coordenadas así como la orientación del eje de la cámara. En la aérea por el contrario, el punto de vista está en movimiento y son desconocidas sus coordenadas así como la dirección del eje de la cámara; por ello es más fácil realizar las restituciones en la terrestre y más sencillas las cámaras utilizadas. (Ver Figura 7).

La fotogrametría aérea puede aplicarse en los siguientes temas:

- Problemas de cortes y rellenos en diseño de vías.
- Análisis de visibilidad en planeamiento urbano.
- Planeamiento de vías, canales de riego o drenajes y localización de presas.
- Análisis estadístico y comparación de diferentes tipos de terreno.
- Análisis y cálculo de pendientes del terreno.
- Mostrar información temática o por combinación de datos del relieve con datos temáticos como suelos, uso del suelo o vegetación.

- Proporcionar datos sobre modelos de simulación de deslizamientos o procesos de los mismos.
- Modelación y análisis de la superficie terrestre, modelos en 3 dimensiones.
- Visualización y clasificación de la vegetación, suelos y otros fenómenos naturales.
- Supervisión y actualización del estado del medioambiente a través de clasificación de material fotogramétrico.
- Identificación de posibles zonas de riesgo o sectores críticos de un proyecto de ingeniería.

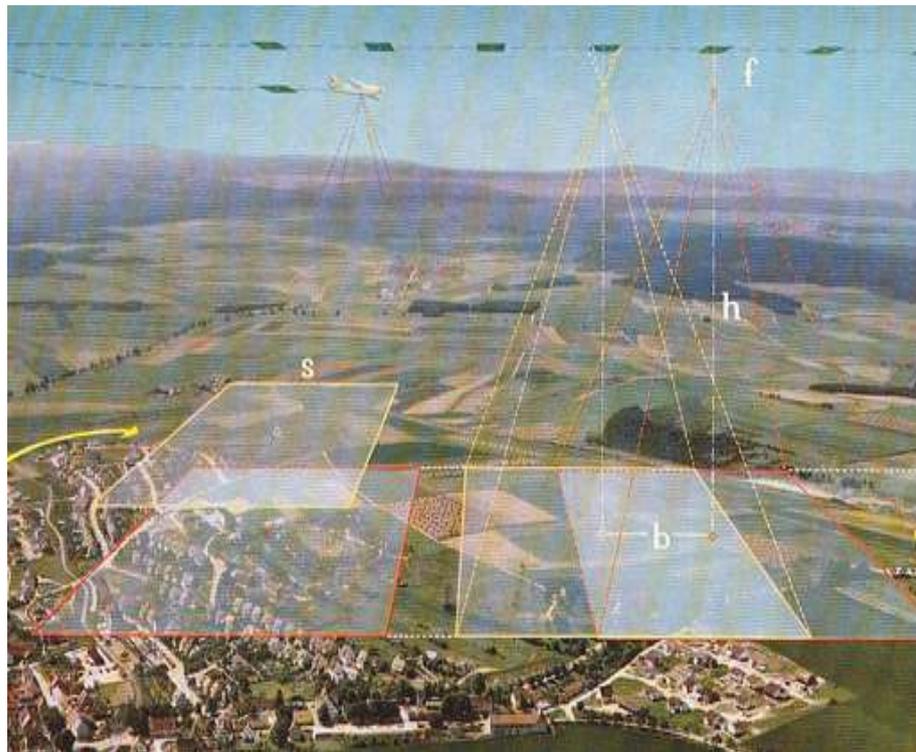


Figura 7. Barrido de un sector terrestre, para evaluación.

## **2.5 Imágenes de Satélite**

Una imagen de satélite se puede definir como la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen energía reflejada por la superficie de la tierra, que luego procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

Estos satélites tienen como objetivo esencial monitorear la superficie de la tierra, así de esta manera se puede detectar cambios en la superficie terrestre.

Las imágenes obtenidas por los satélites de teledetección ofrecen una perspectiva única de la Tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras.

Las imágenes de satélite muestran, literalmente, mucho más de lo que el ojo humano puede observar, al descubrir detalles ocultos que de otra forma estarían fuera de su alcance.

Algunas imágenes por ejemplo, muestran las enfermedades de la vegetación, la existencia de minerales en afloramientos rocosos o

la contaminación de los ríos. Algunos satélites "ven" a través de las nubes y la niebla que oculta parte de la superficie terrestre.

El valor práctico y la multiplicidad de aplicaciones de las imágenes continúan aumentando a medida que se lanzan nuevos satélites, que se suman a los que ya están en órbita. Al haber más satélites se dispone de imágenes en una cantidad creciente de tamaños de escena, resoluciones espectrales y detalles espaciales.

### Características de la imagen:

La imagen es una malla o matriz regular de celdas, donde las filas (Y) y columnas (X), definen las coordenadas espaciales del píxel, cada uno de estos píxeles tienen un valor numérico que se conoce con el nombre de Número Digital (ND). (Ver Figura 8).

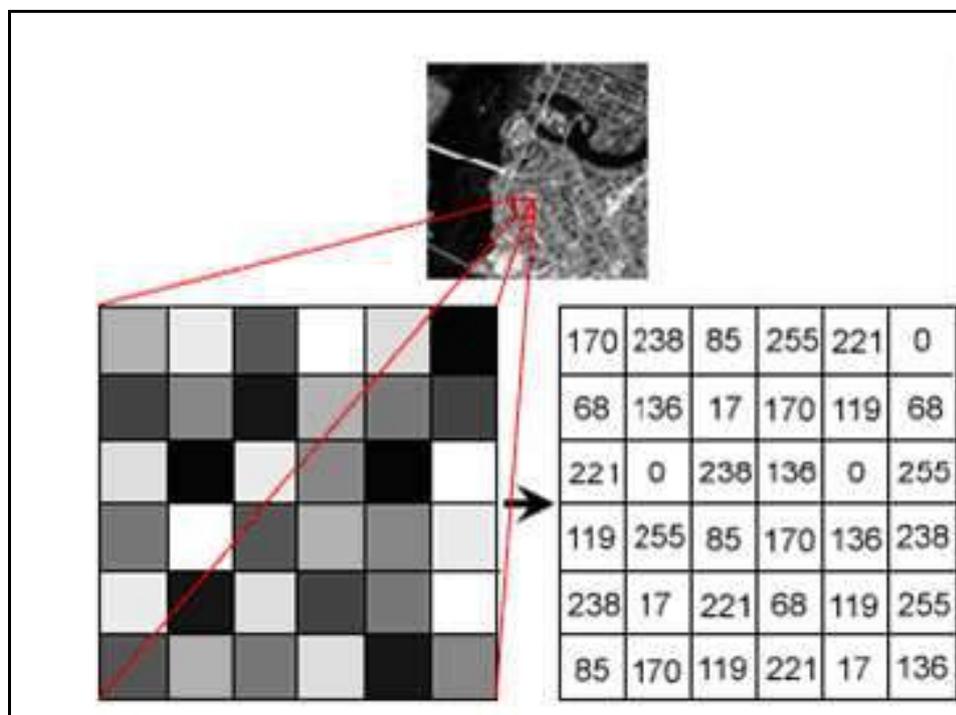


Figura 8. Números digitales de una Imagen Raster.

Los sensores de los satélites reciben la información acerca de un objeto o lugar a través de la energía electromagnética. Esta información puede estar codificada en la frecuencia, intensidad o polarización de la onda y es transmitida directamente desde el objeto o indirectamente por reflexión, dispersión o reemisión hasta el sensor.

Todos los materiales de la Tierra reflejan o emiten energía electromagnética. Los sensores miden la intensidad de la radiación electromagnética emitida por un objeto o zona y estudian sus propiedades físicas a partir de su variación con la frecuencia.

### **Espectro electromagnético**

Es el conjunto de las longitudes de onda que puede adoptar la radiación.

Se suele dividir en una serie de regiones, debido a que las longitudes de onda dentro de esas regiones, presentan cierta homogeneidad. (Ver Figura 9).

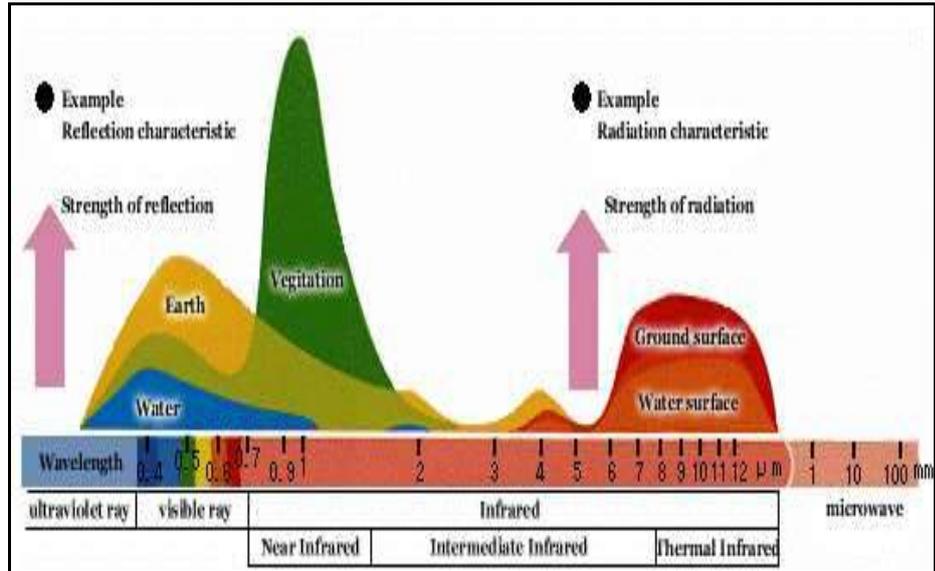


Figura 9. Sectores del Espectro Electromagnético.

### Firmas Espectrales

Cada elemento de la superficie terrestre tiene una respuesta distinta ante determinada longitud de onda. Esta respuesta en función de la longitud de onda se le llama firma espectral. (Ver Figura 10).

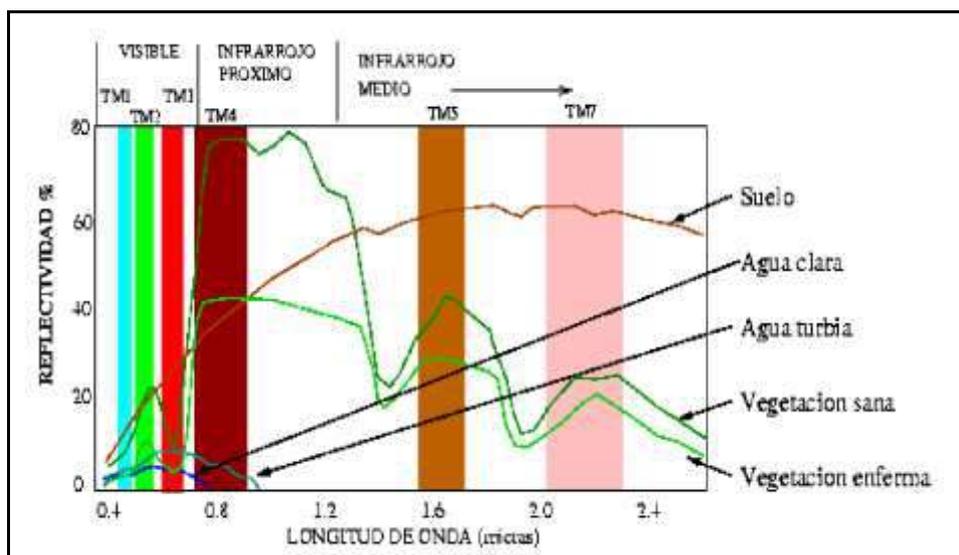


Figura 10. Firmas espectrales de cuerpos naturales.

Las firmas espectrales de los distintos elementos de la superficie terrestre pueden ser medidas en laboratorio o en el campo mediante el uso de los espectrómetros.

## **2.6 Sistemas de Información Geográfica**

Un sistema de información geográfica (SIG), se define como una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer necesidades concretas de información.

En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios realizar consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

En el presente estudio, el SIG tiene como objetivo principal manejar bases de datos heterogéneas y georeferenciadas e interactúa con el sistema-intérprete de manera flexible, a fin de contribuir en la generación de la información dinámica válida, para la gestión de las

diversas actividades de obras de arte del proyecto y la correspondiente toma de decisiones.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos), que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos del mapa digital. De esta forma, señalando un objeto o zona, se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

Una de las razones fundamentales para utilizar un SIG, es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla. (Ver Figura 11).

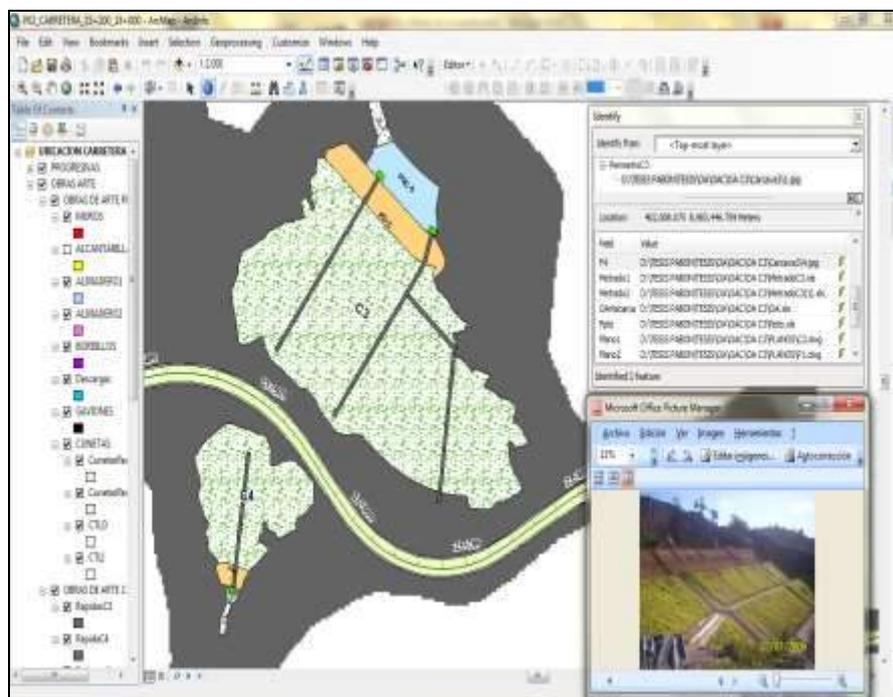


Figura 11. Sistema Integrado Mapa-Base de datos.

## **Procesos de un SIG**

Los procesos de un SIG, es un conjunto de etapas unidas en un proceso continuo, el cual permite trabajar una idea ordenadamente hasta lograr mejoras y su continuidad. Tiene las siguientes etapas:

- 1. Ingreso de Datos** - Se refiere a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son convertidos a un formato digital. El proceso de convertir datos de mapas analógicos en papel a archivos de computación se llama digitalización. Tecnologías modernas de SIG tienen la capacidad de automatizar este proceso completamente para grandes proyectos, proyectos de menor trascendencia pueden requerir alguna digitalización manual.
- 2. Almacenamiento** - Almacenamiento de datos se refiere al modo como los datos espaciales son estructurados y organizados dentro del SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación y diseño de atributos. Las computadoras permiten que se almacenen gran cantidad de datos, sea en el disco duro de la computadora o en discos portátiles.
- 3. Integración** - Consiste en interrelacionar datos tales como; imágenes satelitales, fotografías aéreas, diseños de planos, trabajo de datos en forma de campo, los cuales podrían ser GPS, encuestas, fotografías, documentos, informes, listados, directorios, entre otros. Todo este tipo de información se

organiza dentro de un SIG bajo una determinada estructura y modelo.

4. **Manejo y Administración** - En un proyecto SIG a pequeña escala, puede que sea suficiente almacenar la información geográfica como archivos simples. Sin embargo, se puede llegar a un punto en el que el volumen de los datos aumenta y el número de los usuarios disminuye, en esos casos es mejor utilizar un sistema de administración o manejo de bases de datos (SMBD). Este sistema es un software que maneja y administra una base de datos.
5. **Consulta y Análisis** - Los SIG proporcionan la capacidad de consultas simples, con solo un clic y con sofisticadas herramientas de análisis proporciona información oportuna a los técnicos y especialistas. La tecnología SIG despliega realmente todas sus capacidades cuando se utilizan para analizar datos geográficos, buscar patrones y tendencias y asumir escenarios “que pasa si...”.
6. **Muestra** - Consiste en la exhibición y presentación de datos, empleando formatos comúnmente utilizados, los cuales incluyen mapas, gráficos, informes, tablas y cartas, sea en forma impresa o como imagen en pantalla, o bien como un archivo de textos trasladables a otros programas de cómputo para su mayor análisis.

## **Aplicaciones de un SIG**

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica, radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales y para utilizar esos modelos en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza produce sobre un determinado escenario.

La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que las influyen, así como para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en el área de interés. Los SIG, pueden aplicarse en los siguientes temas:

- Análisis de visibilidad en planeamiento urbano.
- Diseño y mantenimiento de la red vial.
- Análisis estadístico y comparación de diferentes tipos de terreno.
- Modelación y análisis de la superficie terrestre, modelos en 3 dimensiones.
- Visualización y clasificación de la vegetación, suelos y otros fenómenos naturales.
- Supervisión y actualización del estado del medioambiente.
- Identificación de posibles zonas de riesgo o sectores críticos de un proyecto de ingeniería.
- Producción y actualización de la cartografía básica.
- Administración de servicios públicos (acueducto, alcantarillado, energía, teléfonos).

- Regulación del uso de tierra, entre otras aplicaciones más.

### **Ventajas del SIG**

Entre las principales ventajas que ofrece el uso del SIG, se puede nombrar los siguientes:

- Capacidad de almacenamiento (varios niveles: público, institucional).
- La data se almacena y se presenta de manera independiente.
- Maneja y administra la información, ya sea para la elaboración de las investigaciones o en su defecto para la actualización de la información, empleando las metodologías usualmente manejadas en todo SIG.
- Administra y establece la comunicación entre la data espacial y sus identificadores, a fin de obtener su mejor utilización y gestión.
- Permite elaborar diversos modelos de desarrollo, que contribuyen a la gestión y optimización de recursos.

### **2.7 Sistema de Información Vial**

Los sistemas de información geográfica (SIG), con aplicación en la gestión de la información vial, surge como una necesidad ante la difícil tarea de optimizar y racionalizar los recursos, costos y tiempos que se necesitan en la construcción y mantenimiento de carreteras, así mismo también los necesarios e indispensables

para su buen funcionamiento y constante actualización para finalmente proporcionar información sistematizada de uso múltiple.

La sistematización de información en proyectos viales mediante los sistemas de información geográfica es muy importante para la gestión vial, hoy en día lo abarca todo, desde el diseño de carreteras, los modelos de terreno, elaboración de mediciones, presupuestos, la gestión y conservación de carreteras.

En este sistema de gestión de información vial con respecto a las estructuras de obras de arte y drenaje del proyecto, se podrá proporcionar información en forma sistematizada de uso múltiple, de manera que sirva para la ubicación, descripción, clasificación, análisis y monitoreo en tiempo real de todas las obras de arte del proyecto, facilitando la toma de decisiones y contribuyendo a la gestión de los recursos en forma acertada y actualizada.

Los resultados inmediatos de información del estado de las estructuras de obras de arte del proyecto, se realizan mediante el empleo de formatos físicos y digitales, los cuales incluyen mapas, resúmenes, informes, tablas y listas, ya sea en forma impresa o visual en un sistema integrado mapa-base de datos.

### **Ventajas del Sistema de Información Vial**

Entre las principales ventajas de este estudio con referencia al sistema de información vial, se puede decir:

- Se tiene una idea real de la condición operativa de las estructuras de obras de arte, ejecutadas durante la etapa de construcción.
- Permite evaluar el estado situacional de las estructuras de obras de arte y drenaje de la vía, para poder así definir mejor la valorización del tramo de carretera para futuras concesiones. Con esto se contribuye, además a una efectiva planificación del transporte con el mejor aporte de datos al sistema.
- Actualiza el inventario de las estructuras de obras de arte y drenaje del tramo de carretera, con respecto al sistema de red vial.
- Contribuye a la valorización del patrimonio vial.
- Visualiza e identifica las diversas estructuras de obras de arte del proyecto, mediante un sistema integrado mapa-base de datos.
- Accede a características de cada tramo de la carretera, con respecto a las estructuras de obras de arte del proyecto.

A continuación algunas fotografías del inventario realizado, respecto a las estructuras más importantes de obras de arte del proyecto de carretera. (Ver Figura 12, 13 y 14).



Figura 12. Caja toma y aliviadero, lado derecho.



Figura 13. Muro Cabezal y aliviadero, lado izquierdo.



Figura 14. Cabezal de Salida, lado izquierdo.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **3.1 Introducción**

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través del Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – PROVIAS NACIONAL – MTC, ha desarrollado el Estudio de la Carretera Tingo María – Aguaytía, Tramo: Puente Pumahuasi – Puente Chino (Km. 15+000 – Km. 51+550).

Como resultado de la Licitación Pública por Proceso Abreviado LP – Nº 0024-2006-MTC/20, se otorgó la Buena Pro al CONSORCIO PUENTE CHINO conformado por las empresas constructoras Camargo Correa y Queiroz Galvao de Brasil, para la Ejecución de la Obra de “Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Tingo María – Aguaytía, Tramo: Puente Pumahuasi – Puente Chino”.

Es preciso resaltar que el proyecto fue culminado recientemente y fue dividido en 2 etapas:

- La primera etapa inicia en el Km. 15+200 y culmina en el Km. 38+000, este sub-tramo atraviesa varias zonas geológicamente inestables, entre las cuales se encuentra la de mayor relevancia el sector crítico Las Vegas, ubicado entre los Km. 22+900 al Km. 25+100.

La zona inestable Las Vegas, se caracteriza por la presencia de un material de alta susceptibilidad a la erosión por la acción de las aguas de escorrentía superficial y profunda. La extensión aproximada de las zonas inestables es de 30 Has, distribuidas en 10 cárcavas denominadas Cárcava 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,10. De éstas, las que afectan directamente la estabilidad de la carretera son la Cárcava 1 de 1.8 Ha, la Cárcava 2 la de mayor extensión, llegando a alcanzar un área de 8.1 Has, la Cárcava 3 de 5.8 Has y la Cárcava 4 de 3.1 Has, ubicados en ambos lados de la plataforma.

- La segunda etapa inicia en el Km. 38+000 y termina en el Km. 51+550, este sub-tramo también atraviesa sectores inestables como la zona del Huanuqueño ubicado en Km. 46+870 al Km. 47+100, así como también el Km. 50+340 al Km. 50+430, el cual es denominado como sector de deslizamiento potencial.

Cabe resaltar que el presente estudio de sistematización de información geográfica aplicada a las obras de arte de este proyecto de carretera como en las cárcavas, sólo se realizó en la 1ra etapa de construcción que empieza en el Km. 15+000 y culmina en el Km. 38+000, debido a la continuidad de la obra en ejecución, la segunda etapa empezó 3 meses después a consecuencia de las intensas lluvias en el tramo.

### 3.2 Ubicación Geográfica, Política, límites y extensión

La Carretera Tingo María – Aguaytia, tramo Puente Pumahuasi - Puente Chino, se encuentra ubicada en las Regiones de Huánuco y Ucayali.

La construcción del tramo inicia en el Km. 15+200 - Puente Pumahuasi, Distrito de Hermilio Valdizán, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco y termina en el Km. 51+550 - Puente Chino, Distrito de Padre Abad, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali. (Ver Figura 15).

Pumahuasi se encuentra en dirección noreste a 15 Km aproximadamente de la ciudad de Tingo María. Los límites del área del proyecto en coordenadas UTM – WGS84 – Zona 18S son:

Este 394,840 a 409,414  
Norte: 8'980,350 a 8'984,560  
Altitud: 650 a 1750 m.s.n.m.

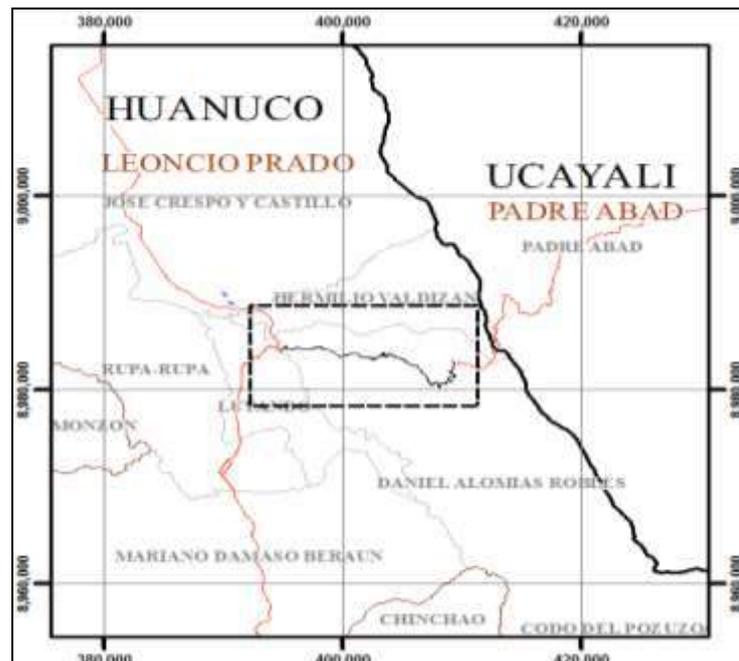


Figura 15. Ubicación del Proyecto.

### 3.3 Vías de Acceso

Ubicado al margen derecho de la carretera central, entre Tingo María y Pucallpa. El acceso por Huánuco es por la vía nacional 016A, desde Lima se puede acceder por la carretera 016 ó 018 vía Pasco. Las vías de acceso principales se pueden observar en la siguiente figura. (Ver figura 16).

Distancia desde Tingo María al Área del Proyecto: 15 Km.

Distancia desde Huánuco al Área del Proyecto: 120 Km.

Distancia desde Lima al Área del Proyecto: 530 Km.



Figura 16. Vías de acceso al área del proyecto.

### 3.4 Aspecto Climático

Su clima es cálido húmedo, registrándose una temperatura promedio entre 16° por la noche y 24° por el día. Cuenta con climas muy variados, lo que posibilita la explotación de múltiples productos agrícolas y pecuarios. Es cálido en la cuenca del Pachitea y hacia el norte del departamento (zona de Tingo María); en los márgenes de los ríos Marañón y Huallaga es templado.

La clasificación climática de la zona de estudio es Clima del tipo muy lluvioso, cálido y semicálido, con abundante lluvia en todas las estaciones del año. (Ver Figura 17).

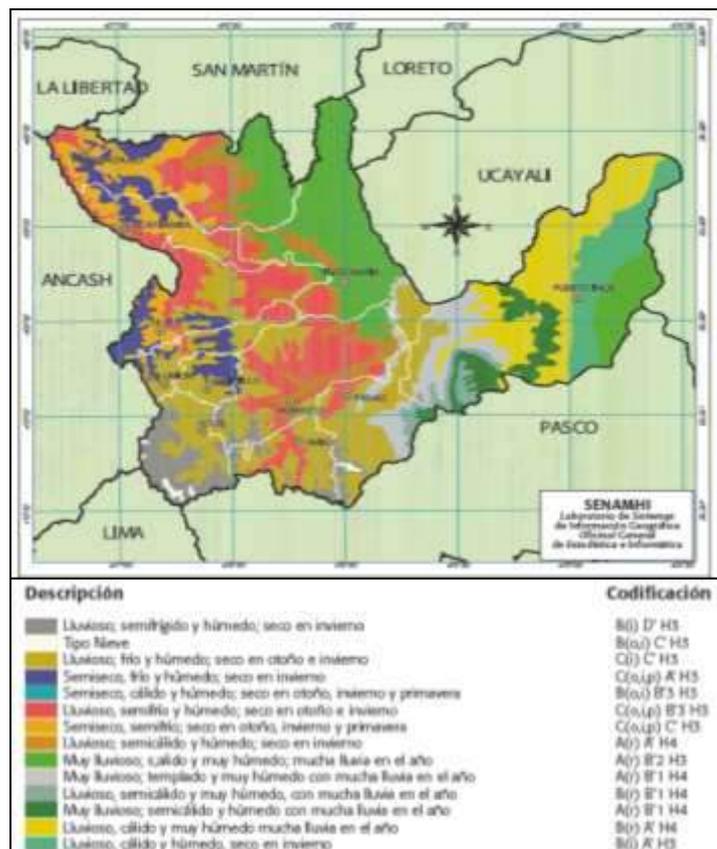


Figura 17. Plano de las zonas del proyecto.

El clima está determinado básicamente por la Zona de Convergencia Inter tropical, la baja presión Amazónica, la cuña del Anticiclón del Atlántico sur, la alta de Bolivia y los vientos oeste de niveles medios y altos de la atmosfera.

El periodo de lluvias más importante es de noviembre a abril, con precipitaciones promedio mensual de 260 l/m<sup>2</sup> en enero y de 74 l/m<sup>2</sup> en junio, la precipitación anual supera los 3100 l/m<sup>2</sup>. (Ver Figura 18).

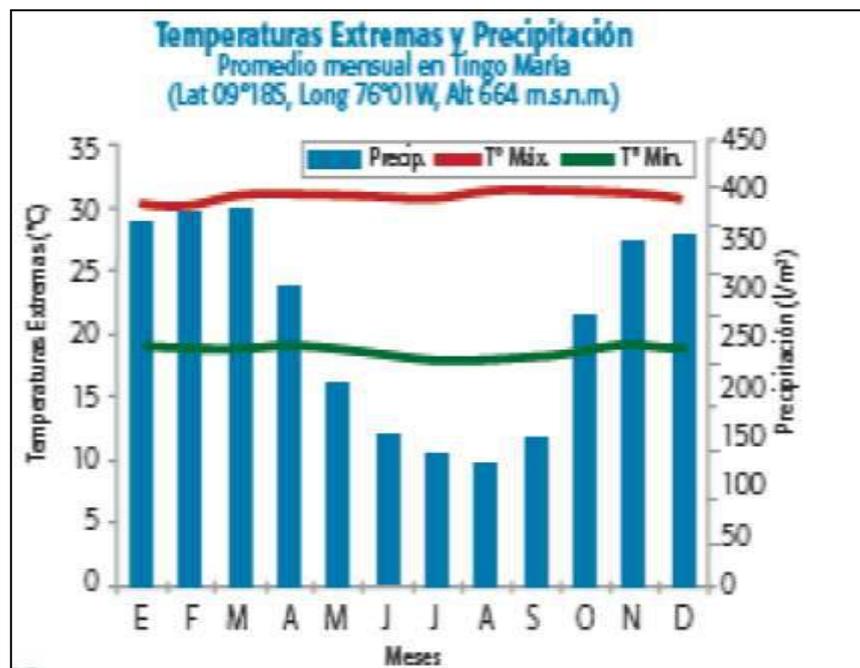


Figura 18. Cuadro de Precipitaciones versus Meses.

### 3.5 Hidrografía

Posee importantes recursos hídricos por la existencia de gran cantidad de ríos, riachuelos, lagos y lagunas. Existen dos cuencas hidrográficas que integran longitudinalmente al departamento: la Cuenca del Marañón, que nace de la unión de los ríos Nupe y Lauricocha, en la llamada cordillera Raura; y la Cuenca del Huallaga, que tiene su origen en la cordillera Raura, en las lagunas Huascacocha y Yahuarcocha.

El río Huallaga, que recorre el departamento de sur a norte, atravesando las provincias de Ambo, Huánuco y Leoncio Prado, toma mayor caudal al ingresar a Tingo María, donde se hace navegable hasta su desembocadura en el río Marañón. (Ver Figura 19).

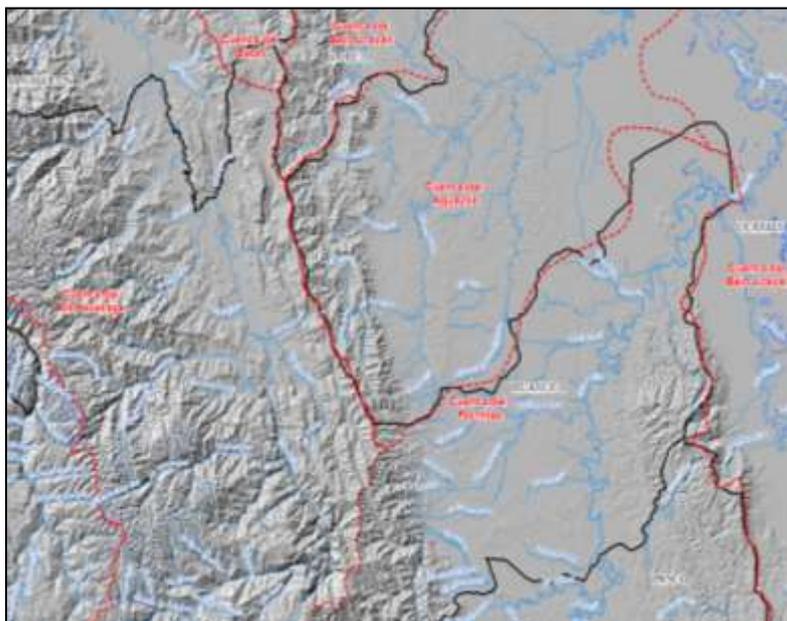


Figura 19. Cuencas cercanas al Proyecto.

### **3.6 Aspecto Socio Económico**

La población del distrito de Hermilio Valdizán es de 6597 habitantes (Censo de 2007), tiene una superficie de 710 km<sup>2</sup> y una densidad poblacional de 9.3 Hab/km<sup>2</sup>.

Las principales actividades económicas de la región son la agropecuaria, manufacturera y comercio. Destaca la industrialización de café y cacao, los cuales crecientemente se van incorporando al circuito de producción y exportación de productos orgánicos, cuya demanda internacional es vigorosa. En este contexto, la Cooperativa Naranjillo, ubicada en la zona de Tingo María, se constituye en la principal empresa productora de derivados del café y cacao, cuya materia prima es acopiada en el departamento, así como en Junín, Pasco, Ucayali y San Martín. De igual forma, sobresale la Cooperativa Divisora.

Las actividades de comercio y servicios representaron más del 50 por ciento del VAB departamental de Huánuco en el 2008, además de absorber parte importante de la mano de obra del departamento (35,9 por ciento de la PEA ocupada). Su importancia, al igual que en el caso del departamento de Junín, se explica por su ubicación geográfica, al constituirse las provincias de Ambo, Huánuco y Leoncio Prado (Tingo María) en un corredor económico que, a través de la vía fluvial del Huallaga y de la carretera central, se conectan con la zona sur de Ucayali y San Martín, que, a su vez, sirven de centro de acopio y envío de productos hacia Lima.

## **CAPÍTULO IV**

### **LAS IMÁGENES DE SATELITE**

#### **4.1 Introducción**

Una imagen de satélite se puede definir como la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen energía reflejada por la superficie de la tierra que luego procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

La primera imagen satelital de la tierra fue tomada el 14 de agosto de 1959 por el satélite estadounidense Explorer 6. La primera fotografía satelital de la luna fue tomada por el satélite soviético Luna 3 el 6 de octubre de 1959, en una misión para fotografiar el lado oculto de la luna. La canica azul, fue tomada en el espacio en 1972, esta fotografía se volvió muy popular en los medios de comunicación y entre la gente. También en 1972 los Estados Unidos comenzaron con el programa Landsat, el mayor programa para la captura de imágenes de la tierra desde el espacio. El Landsat 7 es el último satélite del programa y fue enviado al espacio en 1999.

Estos satélites tienen como objetivo esencial monitorear la superficie de la tierra, así de esta manera se puede detectar cambios en la superficie terrestre.

## 4.2 La Tecnología de la percepción remota

Percepción remota es la ciencia y arte de obtener información de un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con el objeto, área o fenómeno investigado.

La radiación electromagnética la cual es reflejada o emitida desde los objetos es la fuente usual para la información de los sensores remotos. (Ver Figura 20). Sin embargo cualquier otra fuente como puede ser la gravedad o los campos magnéticos pueden ser utilizados en la teledetección.

Un dispositivo que detecta la radiación de energía electromagnética reflejada o emitida desde un objeto es llamado “sensor remoto” o simplemente “sensor”. Las cámaras o escáneres son ejemplos de sensores remotos.

La cámara fue montada en plataformas tan dispares como palomas y globos aerostáticos en un principio, luego en aviones y en épocas más recientes en las primeras plataformas orbitales. (Ver Figura 21). El vertiginoso desarrollo de estas últimas, acompañadas por los avances tecnológicos paralelos llevaron a la situación actual en que innumerables plataformas orbitan la Tierra, observándola con sofisticados sensores como escáneres multiespectrales, sensores térmicos infrarrojos, sistemas de radar, láser, entre otras.

La Percepción Remota involucra dos procesos básicos:

- Adquisición de datos desde plataformas con sensores adecuados.
- Análisis de los datos mediante dispositivos visuales o digitales, muchas veces la información así adquirida se complementa con datos de referencia ya existentes de la región en estudio (mapas de suelos, estadísticas de cosechas, planos catastrales, entre otros). Toda esta información es usualmente combinada en forma de capas de información en lo que usualmente se denomina SIG (Sistema de Información Geográfica).

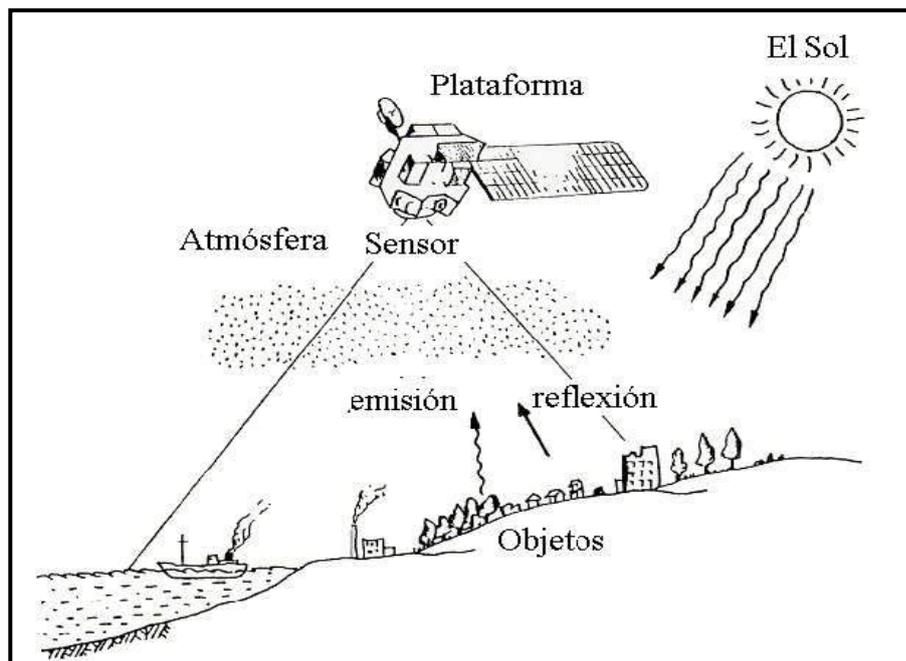


Figura 20. Detección de energía electromagnética por medio de sensores remotos.

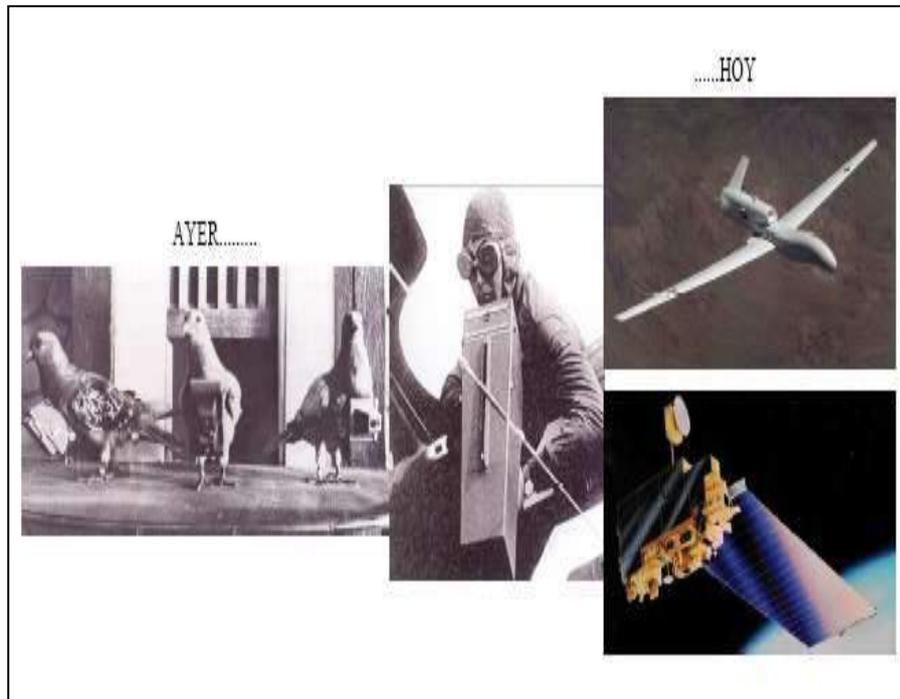


Figura 21. Evolución de los tipos de plataformas.

#### 4.2.1 La Tecnología de los sensores remotos

Un sistema de percepción remota o teledetección, requiere por los menos de tres componentes: foco energético, superficie terrestre y sensor.

Entre las variadas formas de clasificar los sensores remotos, una de las más habituales considera su procedimiento de recibir energía procedente de las distintas cubiertas. En este sentido, se habla de dos tipos de sensores:

- Los sensores o teledetectores pasivos, detectan radiación natural emitida o reflejada por el objeto o área circundante que está siendo observada. La luz solar reflejada es uno de los tipos de radiación más comunes medidos por esta clase de teledetección. Algunos ejemplos pueden ser la

fotografía, los infrarrojos, los sensores CCD (charge-coupled devices, “dispositivo de cargas eléctricas interconectadas”) y los radiómetros.

- Los sensores o teledetectores activos por otra parte emiten energía para poder escanear objetos y áreas con lo que el teledetector mide la radiación reflejada del objetivo. Un radar es un ejemplo de teledetector activo, el cual mide el tiempo que tarda una emisión en ir y volver de un punto, estableciendo así la localización, altura, velocidad y dirección de un objeto determinado.

La teledetección remota hace posible recoger información de áreas peligrosas o inaccesibles. Algunas aplicaciones pueden monitorear una deforestación en áreas como la Cuenca del Amazonas, el efecto del cambio climático en los glaciares, en el Ártico y en el Antártico, el sondeo en profundidad de las fallas oceánicas y las costas. La teledetección remota también reemplaza la lenta y costosa recogida de información sobre el terreno, asegurando además que en el proceso las zonas u objetos analizados no se vean alterados.

#### **4.2.2 La Tecnología de exploración por satélite**

El año 1972 marca un hito en el avance de la percepción remota satelital con el lanzamiento, por parte de E.E.U.U.,

del primero de una serie de satélites ópticos especialmente destinados a monitorear los recursos terrestres. Dicha serie se llamó LANDSAT y actualmente operan Landsat-5 y Landsat-7, este último actualmente con serias dificultades en su sistema de barrido, constituyendo un obstáculo para muchas de sus aplicaciones. (Ver Figura 22).

Por su parte Francia, con la participación de Suecia y Bélgica, lanzó en 1986 el primer satélite de la serie SPOT (Systeme Pour l'Observation de la Terre) de la cual operan actualmente los Spot 2, 4 y 5.

(Ver Figura 23).

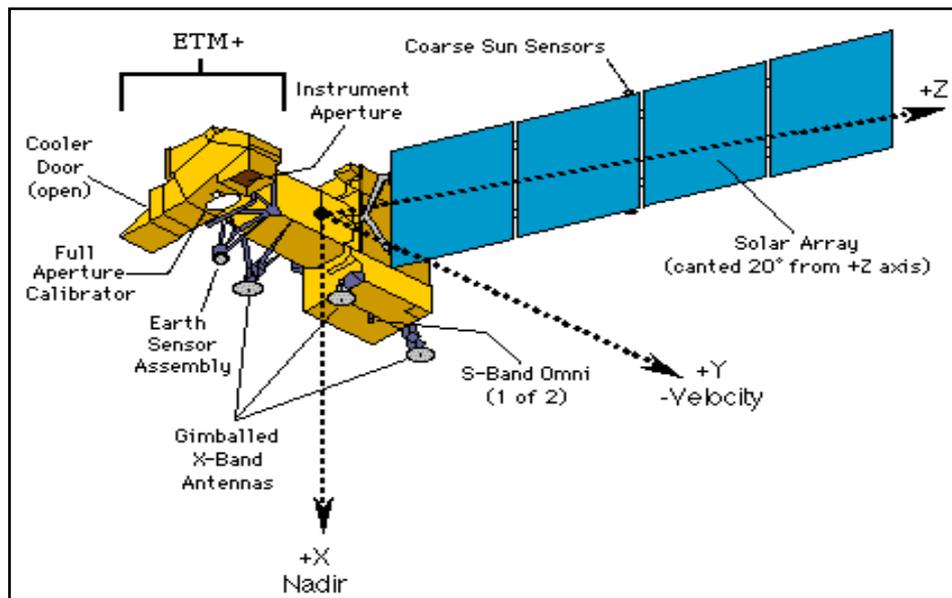


Figura 22. Componentes de un Satélite Landsat.

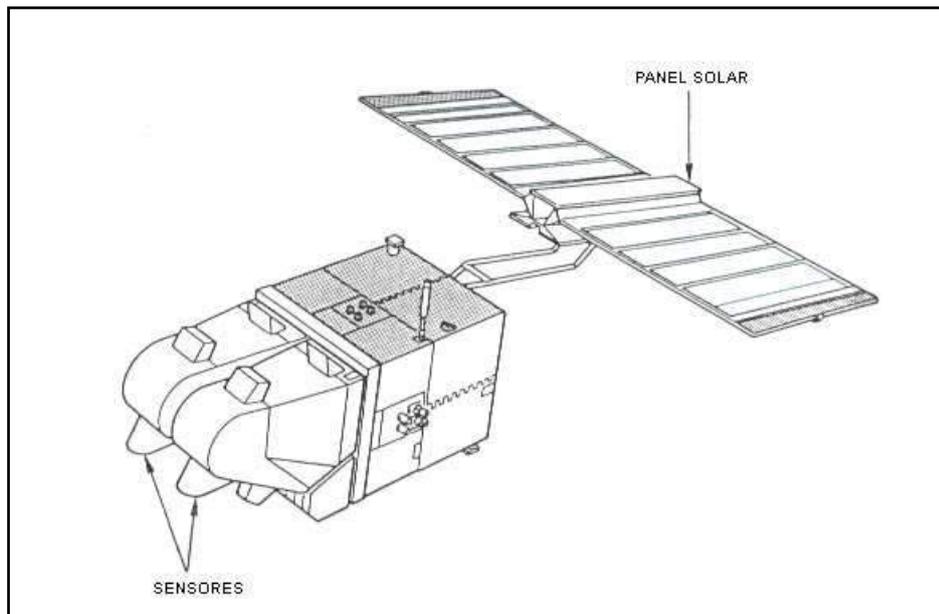


Figura 23. Imagen del satélite francés Spot 5.

Actualmente existen muchas otras plataformas satelitales similares a las anteriores y pertenecientes a distintos países o resultantes de acuerdos entre varios países (Rusia, Japón, India, Argentina, China, Brasil, entre otros). En general todos estos satélites se caracterizan por órbitas cuasi polares y solar – sincrónicas. En una órbita solar - sincrónica la rotación de la Tierra en torno al sol, la inclinación de la órbita y el período orbital son tales que en cada órbita el satélite cruza el Ecuador a la misma hora solar local.

Respecto a la resolución espacial de los satélites, es decir, el tamaño mínimo de los objetos que son capaces de discernir en sus imágenes, estos satélites en mención son de resolución espacial moderada, pudiendo variar entre 5 y 30 m.

En los últimos años se han puesto en órbita satélites comerciales de alta resolución espacial como Geoeye, Ikonos, Quickbird y Orbview-3. Las órbitas de estos satélites son más bajas (680 y 450 km) y sus resoluciones espaciales alcanzan a 1 m y 0.6m.

Existen también otras series de satélites destinados fundamentalmente a misiones meteorológicas, agro meteorológicas, atmosféricas y oceánicas. Algunos de estos satélites, como los de las series NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - USA), SEA STAR (USA), describen órbitas cuasi polares y sincrónico-solares a altitudes del orden de 850 km y resoluciones espaciales de 1km. Otros satélites, como los de las series GOES (Geostationary Operational Environmental Satélite) y METEOSAT (Eutmetsat – Europa), se mantienen en órbitas geoestacionarias a aproximadamente 36000 km y con resoluciones espaciales de 1km.

#### **4.2.3 Procesos de interacción en percepción remota**

Los procesos que se involucra en la percepción remota son los siguientes:

1. Fuente de energía o iluminación: (A)

Es la fuente de energía que es el origen del flujo energético detectado por el sensor. Puede tratarse de un foco externo al sensor, en cuyo caso habla de

teledetección pasiva, o de un haz energético emitido por este, conocido como teledetección activa. La fuente de energía más importante es la energía solar.

2. Radiación y atmósfera: (B)

Es el proceso en el que la energía electromagnética es propagada a través del espacio libre. Dicha energía viaja desde la fuente al objetivo y vuelve a suceder cuando la energía viaja desde el objeto al sensor.

3. Interacción con la superficie terrestre: (C)

Es la Cubierta terrestre, formada por distintas masas de vegetación, suelo, agua y construcciones, que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía, y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.

4. Grabación de la energía por el sensor: (D)

Compuesto por el sensor propiamente dicho y la plataforma que lo sustenta.

Tiene como misión coleccionar y grabar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y enviarla directamente al sistema de recepción.

5. Sistema de transmisión, recepción y proceso: (E)

Es aquella estación receptora de procesamiento que recibe la información transmitida por el sensor en forma

electrónica, en donde los datos son procesados para convertirse en una imagen. (En formato papel o digital).

6. Interpretación y análisis: (F)

En esta etapa se analiza la información, la imagen procesada es interpretada, visual y/o digitalmente, para extraer información del objeto de interés.

7. Aplicación: (G)

Es el último proceso el cual consiste en extraer la información necesaria ya analizada, de tal manera que facilite la toma de decisiones en forma acertada o bien asistir un problema en particular. (Ver Figura 24).

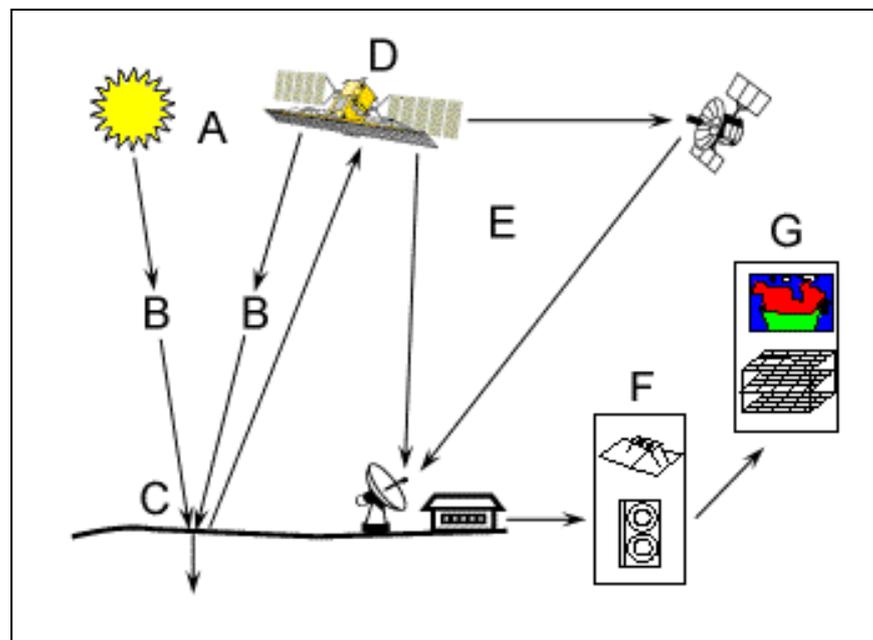


Figura 24. Procesos de interacción en percepción remota.

### **4.3 Las imágenes satelitales para la observación terrestre**

Las imágenes obtenidas por los satélites de teledetección ofrecen una perspectiva única de la Tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras.

El valor de las imágenes de satélite y la información extraída de ellas, es evidente. Ofrecen una visión global de objetos, detalles de la superficie terrestre y facilitan la comprensión de las relaciones entre ellos que pueden no verse claramente cuando se observan a ras de tierra. Por supuesto, el carácter remoto de la teledetección aumenta también este valor, ya que proporciona una visión parcial del globo sin tener que moverse de la oficina.

Además de estas ventajas evidentes, las imágenes de satélite muestran, literalmente, mucho más de lo que el ojo humano puede observar, al descubrir detalles ocultos que de otra forma estarían fuera de su alcance.

Algunas imágenes, por ejemplo, muestran las enfermedades de la vegetación, la existencia de minerales en afloramientos rocosos o

la contaminación de los ríos. Algunos satélites "ven" a través de las nubes y la niebla que oculta parte de la superficie terrestre.

El valor práctico y la multiplicidad de aplicaciones de las imágenes continúan aumentando a medida que se lanzan nuevos satélites, que se suman a los que ya están en órbita. Al haber más satélites se dispone de imágenes en una cantidad creciente de tamaños de escena, resoluciones espectrales, frecuencias de paso y detalles espaciales. A la vez estos nuevos sensores espaciales hacen que las imágenes sean más útiles que nunca, ofrecen a los usuarios actuales mayores dificultades a la hora de escoger las más adecuadas.

#### **4.4 Sensores satelitales multiespectrales**

Son aquellos sensores que miden la reflectancia en muchas bandas en una misma escena, es decir obtienen varios archivos, cada uno de los cuales guarda la información de la radiación media del terreno en diferentes longitudes de onda. (Ver Figura 25).

En el caso del sensor Landsat captura para una misma escena 7 archivos. La combinación de estos archivos posibilita la composición de imágenes de color.

También existen sensores que obtienen información en una sola longitud de onda, motivo por el cual guardan la información en un solo archivo.

Al trabajo con una sola banda, se le denomina Pancromático. Permite la obtención de imágenes con variaciones de grises. (Ver Figura 26).

Hoy en día existen numerosos satélites que adquieren imágenes multiespectrales de un territorio, ofreciendo nuevas y mejores aproximaciones técnicas y científicas para manejar y monitorear los recursos naturales.

Ante este escenario se torna imprescindible para los organismos con competencia ambiental y territorial conocer las capacidades de estos productos, así como contar con conocimientos avanzados en su procesamiento y análisis de información, proponiendo así a una planificación sustentable y costo-eficiente del territorio. Ello implica capacitar al personal en el uso de estas tecnologías o reforzar sus habilidades al respecto.

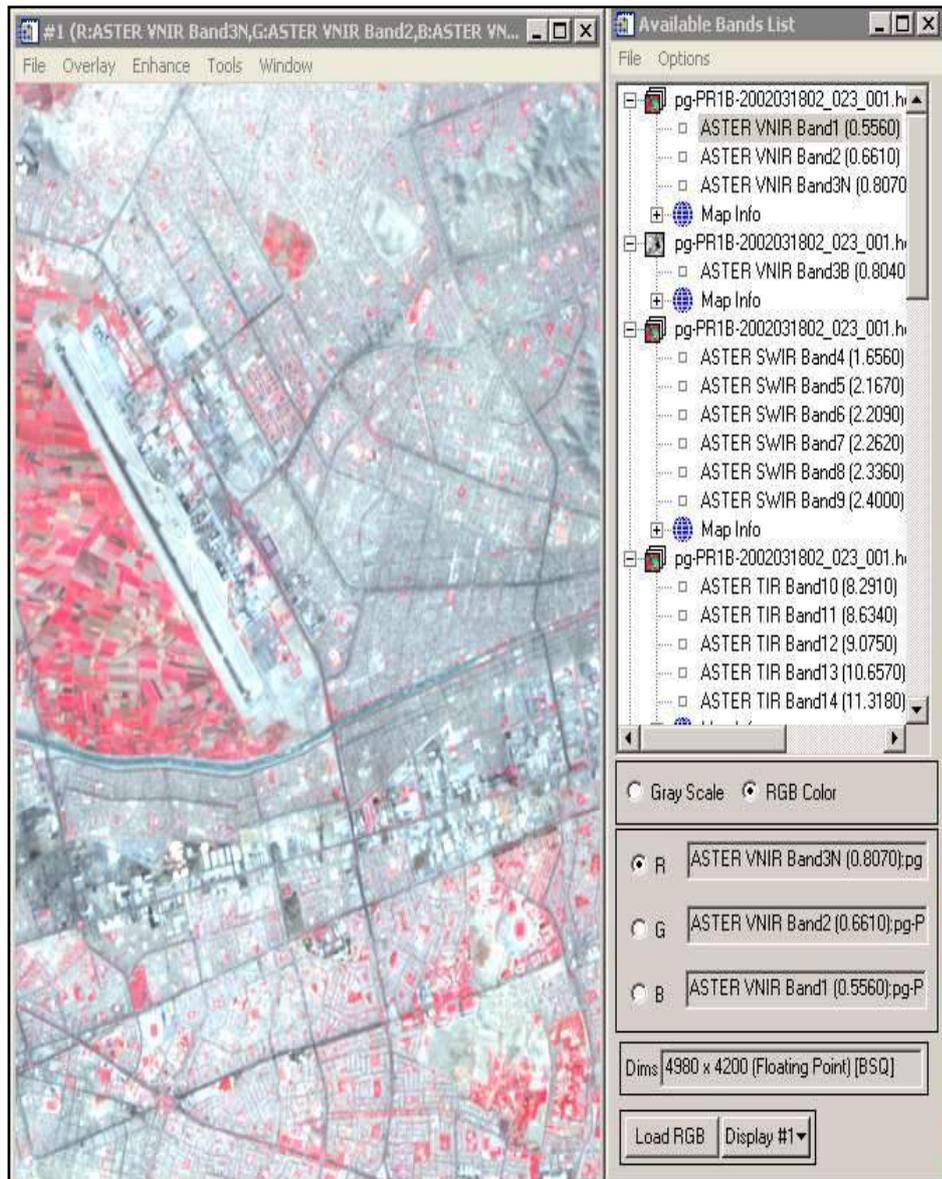


Figura 25. Imagen Áster, el cual muestra la escena tomada a colores.



Figura 26. Imagen Quickbird, escena tomada con variaciones de grises.

#### **4.4.1 Sensor TM Landsat 5, ETM + Landsat 7**

El satélite Landsat 5 fue puesto en órbita el 1° de marzo de 1984 portando el sensor TM (Mapeador Temático) con captura de datos en 7 bandas diferentes. Su órbita, sincrónica con el sol, tiene una altura de 705 Km y un período de 98.9 minutos, es decir que da 14 vueltas diarias alrededor de la Tierra. Por ser helio sincrónica pasa por una determinada longitud siempre a la misma hora, las 9:45 a.m. (Ver Tabla 1).

Landsat 5 pertenece al programa Landsat, financiado por el gobierno de los Estados Unidos y operado por la NASA. Pesa 2200 Kg y tiene una longitud aproximada de 4 metros. Lleva a bordo un sensor denominado Thematic Mapper (TM) que opera en siete bandas espectrales diferentes. Estas bandas fueron elegidas especialmente para el monitoreo de vegetación a excepción de la banda 7 que se agregó para aplicaciones geológicas.

A continuación se describe los principales usos de las diferentes bandas de las imágenes landsat.

Banda 1: (0,45 a 0,52 micrones - azul) - Diseñada para penetración en cuerpos de agua, es útil para el mapeo de costas, para diferenciar entre suelo y vegetación, además de clasificar distintos cubrimientos boscosos y a su vez es útil para detectar centros poblacionales.

Banda 2: (0,52 a 0,60 micrones - verde) - Especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia o radiancia verde. También es útil para diferenciar tipos de rocas y además es usado para la identificación de centros poblados.

Banda 3: (0,63 a 0,69 micrones - rojo) - Es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal. También es usado en la diferenciación de las distintas rocas y para detectar limonita.

Banda 4: (0,76 a 0,90 micrones - infrarrojo cercano) - Es útil para determinar el contenido de biomasa, para la diferenciación de cuerpos de agua y para la clasificación de las rocas.

Banda 5: (1,55 a 1,75 micrones - infrarrojo medio) - Indica el contenido de humedad de la vegetación y del suelo. También sirve para distinguir entre nieve y nubes.

Banda 6: (10,40 a 12,50 micrones - infrarrojo termal) - El infrarrojo termal es útil para la detección del stress de la vegetación, es decir zonas enfermas de la vegetación, intensidad de calor, localizar polución termal, actividad volcánica.

Banda 7: (2,08 a 2,35 micrones - infrarrojo medio) - Especialmente seleccionada por su potencial para la distinción de rocas y suelos, es útil también para el mapeo hidrotermal.

Estas siete bandas pueden combinarse de tres (R=Rojo, G=Verde y B=Azul), produciendo una gama de imágenes de color compuesto que incrementan notablemente sus aplicaciones, especialmente en el campo de los recursos naturales. (Ver Tabla 2).

Landsat 7 es el último de un grupo de satélites lanzados por Estados Unidos. Fue lanzado el 15 de abril de 1999. La meta fundamental del Landsat 7 es de actualizar la base de datos de imágenes de todo el planeta. Aunque el programa Landsat es controlado por la NASA, las imágenes recibidas por el Landsat 7 son procesadas por la Agencia Geológica de los Estados Unidos (USGS United States Geological Survey).

Landsat 7 fue diseñado para que su vida útil fuese de 5 años, y tiene la capacidad de recolectar y transmitir hasta 532 imágenes por día. Se encuentra en una órbita Helio sincrónica, lo cual significa que siempre pasa a la misma hora por un determinado lugar.

Tiene visión de toda la superficie terrestre en un tiempo de 15 días, realizando 232 órbitas. El peso del satélite es de 1973 Kilogramos, mide 4.04 metros de largo y 2.74 metros en diámetro. A diferencia de sus antecesores, Landsat 7 posee una sólida memoria de 378 gigabytes capaces de almacenar alrededor de 100 imágenes. El instrumento esencial a bordo del satélite, es el Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+).

El sensor ETM+ provee imágenes con 8 bandas espectrales. La resolución espacial es de 30 metros en las bandas visibles e infrarroja cercana (bandas 1-5 y 7). La resolución de la banda pancromática (banda 8) es de 15 metros y la banda infrarroja termal (banda 6) es de 60 metros. El tamaño aproximado de la escena es de 170 x 183 kilómetros.

<b>TABLA COMPARATIVA DE SATELITES DE LA SERIE LANDSAT</b>			
	Landsat 1 – 3	Landsat 4 – 6	Landsat 7
Altitud	907 - 915 Km.	705 km.	705 Km.
Inclinación	99.2°	98.2°	98.2°
Orbita	Polar, Solar - Sincrónica	Polar, Solar - Sincrónica	Polar, Solar - Sincrónica
Paso por el Ecuador	09h30 AM	09h30 AM	10h00 AM
Periodo Revolución	103 m	99 m	99 m

Tabla 1. Evolución comparativa de satélites Landsat.

TM y ETM+ Bandas Espectrales.								
Anchura de banda (um) Anchura Mínima - Anchura Máxima								
SENSOR	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6	Banda 7	Banda 8
TM	0.45- 0.52	0.52- 0.60	0.63- 0.69	0.76- 0.90	1.55- 1.75	10.4- 12.5	2.08- 2.35	No existe
ETM+	0.45- 0.52	0.53- 0.61	0.63- 0.69	0.78- 0.90	1.55- 1.75	10.4- 12.5	2.09- 2.35	0.52-0.90
Región	Visible Azul	Visible Verde	Visible Rojo	Infrarrojo Próximo	Infrarrojo Lejano	Térmico Lejano	Térmico Próximo	Visible

Tabla 2. Bandas espectrales de sensores TM y ETM+.

En todas las imágenes, y esto es válido para todos los satélites comercialmente disponibles, las correcciones sistemáticas son algoritmos de rectificación de la imagen cruda aplicados automáticamente en la estación de recepción, usando parámetros espaciales contenidos en los archivos descriptores de imagen (datos de posicionamiento y efemérides del satélite), que consiguen minimizar las variaciones espaciales internas presentes en la imagen en su estado bruto, correcciones del ángulo de curvatura terrestre, variaciones de velocidad, altura y actitud del satélite, desplazamientos orbitales, entre otros.

Las imágenes Landsat7 están disponibles en 3 niveles de corrección geométrica:

Nivel 4: Es un nivel de corrección básico donde la imagen es radiométrica y geoméricamente corregida de forma sistemática.

Nivel 5: Consiste en una imagen con correcciones sistemáticas, pero que se georreferencia utilizando las efemérides del satélite. Los algoritmos de corrección modelan la posición del satélite y la geometría del sensor a través de datos que una computadora a bordo graba sobre la captura. Altitud, efemérides y parámetros de actitud del satélite, descritos en el archivo Payload Correction Data (PCD) y en el archivo Calibration Parameter File (CPF) son los componentes fundamentales usados para la generación de productos nivel 5 y garantizan la fidelidad geométrica general de la imagen.

Nivel 6: No es un proceso automático ni una corrección sistemática. Este nivel de procesamiento exige intervención adicional de un operador. La imagen nivel 5 antes descrita es ajustada con puntos de control cartográficos o con puntos de control medidos especialmente con tecnología GPS. Así de esta manera se obtiene una imagen rectificadas a una determinada proyección cartográfica.

#### **4.4.2 Sensor Aster**

ASTER (Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer) es un sensor satelital de imágenes ópticas de alta resolución geométrica y radiométrica, transportado por el satélite TERRA, puesto en órbita el 18 de diciembre de 1999. El Ministerio de Economía, Comercio e

Industria de Japón (METI) impulsó el desarrollo del Proyecto ASTER, con el fin de obtener datos geológicos más detallados y estudiar fenómenos que pudieran producir un impacto ambiental a nivel global, como por ejemplo la actividad volcánica. El sensor ASTER tiene un ancho de barrido de 60 kilómetros y las siguientes características principales:

1. Amplio rango espectral con 14 bandas distribuidas en tres subsistemas independientes que registran datos de las regiones del espectro correspondiente al visible e infrarrojo cercano (VNIR), infrarrojo medio o de onda corta (SWIR) y del infrarrojo termal (TIR). En el VNIR posee 3 bandas (0.52 - 0.86  $\mu\text{m}$ ), 6 bandas en SWIR (1.6 - 2.43  $\mu\text{m}$ ) y 5 bandas en TIR (8.125 - 11.65  $\mu\text{m}$ ).
2. Alta resolución espacial. Las bandas 1, 2 y 3 del VNIR tienen 15 metros de resolución; las bandas 4, 5, 6, 7, 8 y 9 del SWIR tienen 30 metros de resolución; y las bandas 10, 11, 12, 13 y 14 del TIR tienen 90 metros de resolución.

Si bien las características de los datos ASTER son aplicables a estudios de todos los recursos naturales en general, las capacidades espectrales, radiométricas y geométricas del sensor fueron diseñados para estudios geológicos más exhaustivos.

Permite la distinción litológica, la visualización regional de las estructuras geológicas y la identificación de áreas de alteración mineral. Dentro de estas últimas, permite la clasificación de los principales minerales por su contenido en arcillas, sílice y óxidos de hierro.

Otra herramienta fundamental y de gran valor para estudios geológicos es la capacidad de generar a partir de datos ASTER, un modelo digital de elevaciones (MDE) de cada escena. A partir del MDE es posible generar una gran variedad de productos, como puede ser cartas topográficas, mapas de riesgo geológico, por ejemplo, la zonificación de diferentes pendientes de una ladera montañosa.

Mediante la obtención de varias escenas de una misma región, se puede monitorear áreas de erosión, sedimentación costera y seguimiento de zonas con volcanes activos, entre otras aplicaciones.

#### **4.5 Metodologías de clasificación de imágenes satelitales**

La clasificación de una imagen digital consiste en categorizar una imagen multibanda. Se pasa de tener unos ND (números digitales) continuos medidos por los sensores a una escala nominal o categórica de manera que cada píxel pertenece a una categoría o

clase definida previamente. El ND de un píxel clasificado es, en definitiva, el identificador de la clase o categoría en la que se haya incluido. Estas clases pueden describir distintos tipos de cubiertas (variable nominal o categórica) o bien intervalos de una misma categoría de interés (variable ordinal). Un ejemplo del primer tipo sería una clasificación de distintos tipos de cubierta vegetal, en cambio uno del segundo tipo sería un intento de clasificar distintos niveles de daño producido por un incendio.

Los primeros intentos de clasificación digital se basaban exclusivamente en los ND de la imagen, que es una traducción digital de un flujo energético recibido por un sensor para una determinada banda del espectro. Este tipo de clasificación tiene como inconveniente que no siempre permite separar cubiertas, ya que pueden existir distintas categorías temáticas que tengan un comportamiento espectral similar.

La clasificación digital de imágenes es, en cierta medida, parecida a la fotointerpretación.

En la fotointerpretación, se identifica el patrón visual asociado a cada cubierta (categoría) de acuerdo a una serie de parámetros como son el tono, la textura, la forma, el contexto, la disposición, entre otros y después se identifican sobre las fotografías, las superficies correspondientes a estas categorías, mediante su

semejanza con el patrón-tipo previamente identificado. Por último es necesario una verificación de los resultados.

En las técnicas digitales de clasificación de imágenes se dan estos mismos pasos.

De esta forma se distingue entre las siguientes fases:

1. Definición digital de las categorías (fase de entrenamiento).
2. Agrupación de los píxeles de la imagen en una de las categorías previamente definidas (fase de asignación).
3. Comprobación y verificación de los resultados.

La clasificación digital comienza con la definición de las categorías que se pretenden distinguir en la imagen. Se trata de una clasificación basada en los valores numéricos. Por lo tanto se trata de obtener el rango de ND que identifica a cada categoría para todas las bandas que intervienen en la clasificación.

Las distintas categorías no se definen solo por un ND, sino por un conjunto de ND próximos entre sí. Existe una cierta dispersión en torno al ND medio de cada categoría.

Por esto la fase de entrenamiento trata de definir con rigor cada una de las categorías que se pretenden distinguir, teniendo en cuenta su dispersión en la zona de estudio.

Esto se consigue seleccionando una muestra de píxeles en la imagen que representen adecuadamente a cada categoría. A partir

de estos se determina el ND medio de cada clase y el rango en el que varían, para todas las bandas que intervienen en la clasificación. Las estimaciones posteriores se basan sobre la muestra seleccionada por lo cual conviene seleccionarla adecuadamente ya que los resultados de la clasificación están mucho más influidos por la definición previa de las categorías, que por el criterio por el cual éstas son diferenciadas en la imagen.

Los métodos de clasificación se pueden distinguir en dos grupos: supervisado y no supervisado. El método supervisado parte de un conocimiento previo del terreno del cual se seleccionan las muestras para cada una de las diferentes categorías. Este método es el que se aplica en la tesis.

En cambio, en el método no supervisado se buscan automáticamente grupos de valores espectrales homogéneos en la imagen para que después el usuario intente encontrar las correspondencias entre esos grupos seleccionados automáticamente y las categorías que le puedan ser de interés.

#### **4.5.1 Método de clasificación no supervisado**

Este método de clasificación trata de definir las clases espectrales presentes en la imagen. No implica ningún conocimiento previo del área de estudio por lo que la

intervención humana se centra en la interpretación de los resultados.

Este método asume que los ND de la imagen se agrupan en una serie de conglomerados que se corresponden con grupos de píxeles con un comportamiento espectral homogéneo y que, por ello, deberían definir unas clases informacionales de interés. Por desgracia estas clases espectrales no pueden ser asimiladas siempre a las categorías temáticas que el usuario pretende deducir por lo que es labor de éste interpretar el significado temático de dichas categorías espectrales.

El método para definir los grupos con un comportamiento espectral similar es muy parecido a otras técnicas de clasificación automática de datos. Se basa en la selección de tres parámetros: variables que intervienen en el análisis, criterio para medir la distancia o similitud entre casos, y un criterio para agrupar los casos similares. En nuestro caso las variables serían las diferentes bandas espectrales. Los casos son los píxeles que componen la imagen y cada uno de ellos está definido por tantos ND como bandas tengamos. Lo que trata este método es encontrar grupos de píxeles con ND parecidos para asignarlos a alguna de las categorías temáticas que deseemos.

La delimitación de cada grupo espectral se inicia señalando dos criterios: uno que marque la similitud entre píxeles y otro que marque las condiciones del proceso de agrupamiento. Para el primero, el método más utilizado se basa en la distancia euclídea aunque se puede utilizar otro criterio, como el de la distancia media. En cuanto al algoritmo de agrupamiento, el más extendido es el denominado ISODATA.

#### **4.5.2 Método de clasificación supervisado**

Este método de entrenamiento requiere un cierto conocimiento de la zona de estudio que permite delimitar sobre la imagen unas zonas o áreas representativas de las distintas categorías que se pretenden clasificar. Estas áreas se conocen como training fields (áreas de entrenamiento) ya que sirven para entrenar al ordenador para que pueda reconocer las distintas categorías. A partir de estas áreas el ordenador calcula diversos parámetros estadísticos de los ND que definen cada clase, para luego clasificar el resto de píxeles en una categoría determinada atendiendo a sus ND. Resulta adecuado seleccionar varias áreas de entrenamiento por clase para reflejar correctamente su variabilidad en la zona de estudio.

Una vez acabada la selección de las áreas de entrenamiento, el ordenador debe proceder a calcular las estadísticas elementales de cada categoría: media, rango, desviación típica, matriz de

varianza – covarianza entre otros, a partir de los ND de todos los píxeles incluidos en el área de entrenamiento de dicha clase. Este cálculo es aplicado a cada banda espectral. Las medidas extraídas a partir de los ND de cada área de entrenamiento definen a cada clase, por lo tanto es muy importante su correcta selección ya que de otro modo se forzaría al ordenador a clasificar áreas heterogéneas.

Respecto al tamaño que deben tener las áreas de entrenamiento, se requiere que tengan un tamaño de  $m + 1$  píxeles por categoría, siendo  $m$  el número de bandas espectrales que intervienen en la clasificación. Es conveniente de todos modos superar ampliamente este mínimo. Además, es mejor elegir varias áreas de pequeño tamaño que una sola de mayores dimensiones.

#### **4.5.3 Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada**

El Índice de vegetación de la diferencia normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés, es un índice usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación en base a la medición, por medio de sensores remotos instalados comúnmente desde una plataforma espacial y de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

También puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal. Los cambios del índice de vegetación permiten decir si un determinado mes o año es mejor o peor respecto al valor histórico.

El utilizar estos índices tiene su fundamento en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una cubierta vegetal en buen estado de salud, tiene una firma espectral que se caracteriza por el contraste entre la banda del rojo (entre 0,6 y 0,7  $\mu\text{m}$ .), la cual es absorbida en gran parte por las hojas, y el infrarrojo cercano (entre 0,7 y 1,1  $\mu\text{m}$ .), que es reflectada en su mayoría. Esta cualidad de la vegetación permite la realización de su valoración cualitativa.

Las plantas absorben radiación solar en la región espectral de radiación fotosintética activa, la cual es usada como fuente de energía en el proceso de fotosíntesis. Las células vegetales han evolucionado para dispersar la radiación solar en la región espectral del infrarrojo cercano, la cual lleva aproximadamente la mitad del total de la energía solar, debido a que el nivel de energía por fotón en ese dominio (de longitud de onda mayor a los 700 nm) no es suficiente para sintetizar las moléculas

orgánicas: una fuerte absorción en este punto sólo causaría un sobrecalentamiento de la planta que dañaría los tejidos.

Por lo tanto, la vegetación aparece relativamente oscura en la región de radiación fotosintética activa y relativamente brillante en el infrarrojo cercano. En contraste, las nubes y la nieve tienden a ser bastante brillantes en el rojo así como también en otras longitudes de onda visibles, y bastante oscura en el infrarrojo cercano.

Debido a que los primeros instrumentos usados para la observación terrestre, tales como el Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (Earth-Resources Technology Satélite, ERTS) desarrollado por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (NASA) y el Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), adquirirían datos en el rojo e infrarrojo cercano, fue natural hacer uso de las marcadas diferencias en la reflexión vegetal para determinar su distribución espacial en las imágenes satelitales. El índice de vegetación de la diferencia normalizada, NDVI, se calcula a partir de estas medidas individuales de la siguiente manera:

$$NDVI = \frac{(IRCercano - ROJO)}{(IRCercano + ROJO)}$$

En donde las variables ROJO e IR Cercano están definidas por las medidas de reflexión espectral adquiridas en las regiones del rojo e infrarrojo cercano, respectivamente. Estas reflexiones espectrales son en sí cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral individual; por tanto, éstos toman valores entre un rango de 0,0 a 1,0. El índice de vegetación de la diferencia normalizada, NDVI, varía como consecuencia entre -1,0 y +1,0.

Las investigaciones llevadas a cabo prueban que el índice de vegetación de la diferencia normalizada, NDVI, está directamente relacionado con la capacidad fotosintética y, por tanto, con la absorción de energía por la cobertura arbórea.

Respecto a otros índices de vegetación más complejos, el NDVI tiene las ventajas de tener una gran sencillez de cálculo y de facilitar la interpretación directa de los parámetros biofísicos de la vegetación. Además permite la comparabilidad entre datos obtenidos por diferentes investigadores. Por otro lado tiene el inconveniente de que posee poca capacidad de minimizar la influencia del suelo y de la atmósfera.

El NDVI permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. (Ver Figura 27 y 28).

Esto está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas. La interpretación del índice debe asimismo considerar los ciclos fenológicos y de desarrollo anuales para distinguir oscilaciones naturales de la vegetación de los cambios en la distribución temporal y espacial causados por otros factores. Se debe tener en cuenta a su vez que:

- El agua tiene R e IRC, por lo tanto valores negativos de NDVI.
- Las nubes presentan valores similares de R e IRC, por lo que su NDVI es cercano a cero.
- El suelo descubierto y con vegetación rala presenta valores positivos aunque no muy elevados.
- La vegetación densa, húmeda y bien desarrollada presenta los mayores valores de NDVI.



Figura 27. NDVI del Pre-evento (deslizamiento).



Figura 28. NDVI del Post-evento (deslizamiento).



#### **4.6 Metodologías para la detección de cambios usando imágenes satelitales multitemporales**

Un cambio de reflectancia a menudo indica un cambio físico en la superficie de la tierra, de este modo, la detección digital de cambios debe cumplir el siguiente supuesto (SSC, 1999):

- Los cambios monitoreados deben causar un cambio electromagnético de la radiación que puede ser percibida por el sensor remoto.

Los cambios del suelo en el tiempo han sido divididos en dos categorías: (Remote Sensing Note, 1999)

- Una categoría mayor en que los cambios son fuertes en términos de velocidad y magnitud (superficie), producto de incendios forestales, deforestación o nuevas áreas urbanas.
- Una categoría menor en que los cambios son más suaves, en términos de velocidad y magnitud (superficie), producto del crecimiento de árboles o la colonización de la vegetación en áreas no vegetales.

La detección del o los cambios ocurridos en la superficie terrestre involucra el uso de un conjunto de datos multitemporales y así diferenciar aquellas áreas de cambio de cobertura de suelo entre las fechas de ambas imágenes. Idealmente los procedimientos de detección de cambios deben involucrar información adquirida por el

mismo sensor (o similar) y que esta sea almacenada con la misma resolución espectral, características geométricas, bandas espectrales y misma fecha. Además, se requiere de una correcta registración espacial de las imágenes utilizadas y así obtener una efectiva detección del cambio. En general se requieren una registración entre  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  de pixel (Lillesand and Kiefer, 1994).

#### 4.6.1 Diferencias de Bandas

Consiste en la simple resta entre imágenes de dos fechas, previamente, de modo que las zonas estables presentaran un valor cercano a cero y las que hayan experimentado cambios ofrecerán valores significativamente distintos de cero, positivos o negativos. (Chuvienco, 1996).

Esta metodología puede aplicarse sobre alguna de las bandas originales o como es más frecuente sobre índices de vegetación (Chivienco, 1996) y se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$D_{ijk} = ND_{ijk}(1) - ND_{ijk}(2) + C$$

Dónde:

$D_{ijk}$  = Cambio de valor del pixel.

$ND_{ijk}(1)$  = Nivel digital en el Tiempo 1.

$ND_{ijk}(2)$  = Nivel digital en el Tiempo 2.

C = Constante para evitar valores negativos (habitualmente 127)

i = Numero de fila.

j = Numero de columna.

k = Numero de Banda.

Producto de la aplicación de esta técnica se obtendrá una imagen de cambios en donde las tonalidades oscuras indicaran una disminución del vigor vegetal, las tonalidades claras serán aquellas zonas que aumentaron su vigor vegetal y los tonos grises a las zonas estables.

#### **4.6.2 Cociente de Bandas**

El cociente de Bandas ofrece una significación del cambio frente a los valores originales, mientras que la diferencia entre imágenes resulta una técnica sencilla para observar cambios entre ellas.

Por ejemplo, una reducción de 20 entre las fechas puede representar una prioridad si el ND original era de 40, mientras que resulta de menos importancia si el ND de la primera fecha era 200. (Chuvienco, 2002). Por lo tanto:

$$ND_c = (ND_{t2} / ND_{t1}) \times C$$

Cociente Multitemporal.

$$ND_{i,j,c} = ((ND_{t2} - ND_{t1}) / (ND_{t2} + ND_{t1}) + 1) \times 127$$

Índice de cociente multitemporal normalizado.

Dónde:

ND<sub>c</sub> = Imagen como resultado del cambio.

ND<sub>t2</sub> y ND<sub>t1</sub> = Corresponde a las imágenes del segundo y primer periodo.

ND<sub>i,j,c</sub> = Índice de cociente multitemporal normalizado.

C = Constante para evitar valores negativos.

El valor de 1 y 127 se utiliza para re-escalar el resultado entre 0 – 254.

Al trabajar con índices de vegetación es muy importante tener en cuenta la fecha de la imagen que va al numerador y al denominador, por ejemplo si se reduce el nivel digital a la mitad, puede representar como 2 o 0.5 y su interpretación se lo hace dependiendo de la posición que se ha colocado cada una de las fechas de las imágenes en la fórmula del cociente multitemporal.

(Ver Figura 29).

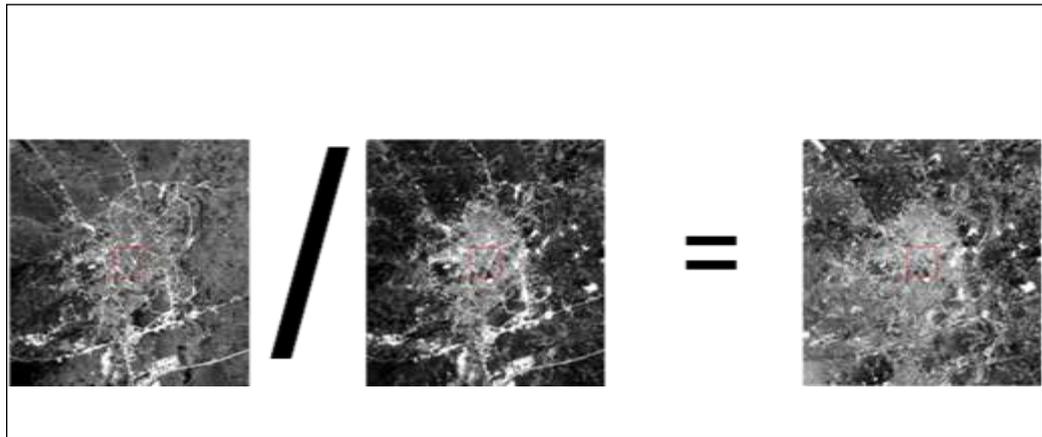


Figura 29. Imágenes en tiempos diferentes, generan una nueva Imagen.

#### 4.6.3 Análisis de Componentes Principales

Es un método que permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población, cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida, siendo los objetivos más importantes de su aplicación lo que se mencionan a continuación:

- Generar nuevas variables que puedan expresar la información contenida en el conjunto original de datos.
- Reducir la dimensión del problema que se está estudiando, como paso previo para futuros análisis.
- Eliminar, cuando sea posible, algunas de las variables originales si ellas aportan poca información.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una transformación de los datos crudos del sensor remoto que entrega como resultado nuevas imágenes de componentes

principales que son más interpretables que los datos originales. (Singh and Harrison, 1985. Citado por Jensen, 1996). El ACP puede también ser utilizado para comprimir la información contenida en las bandas de una imagen satelital en dos o tres imágenes transformadas de principales componentes. Esta habilidad para reducir desde “n” a dos o tres bandas es una importante consideración económica, especialmente si el potencial de información recuperable desde los datos transformados es tan bueno como los datos originales del sensor (Jensen, 1996). (Ver Figura 30).

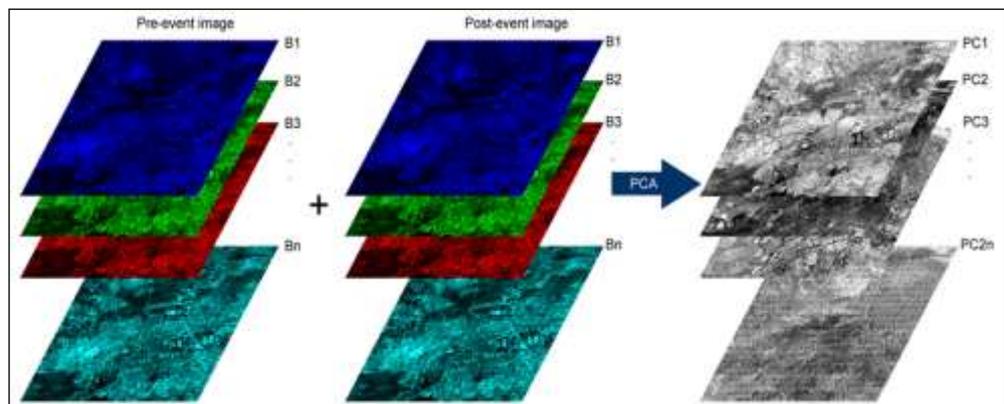


Figura 30. Análisis de Componentes Principales Pre y Post Evento.

#### 4.6.4 Análisis de Regresión de Imágenes

En el marco conceptual del tratamiento digital de imágenes, en la normalización relativa, se trató esta técnica aplicada a la homogenización radiométrica entre las imágenes. En este método se aplicó la regresión lineal para estimar cuales serían los ND de los cambios existentes en la imagen de la segunda fecha.

“Se considera que la segunda fecha es una función de la primera y que toda la desviación de la función estimada estaría representando el cambio” (Chuvieco, 2002), por lo tanto los valores digitales de la segunda fecha se estima de la siguiente manera:

$$\text{NDt2}^{\wedge} = a + b.\text{NDt1}$$

Regresión lineal multitemporal.

Dónde:

$\text{NDt2}^{\wedge}$  = Es el valor estimado de la segunda fecha (t2).

a, b = Son coeficientes de regresión calculados sobre los ND de la primera fecha (t1).

Estos valores serán aproximados a los valores reales de la segunda fecha, siempre que no hayan producido cambio. Si existe algún cambio entre las imágenes, los ND reales de la

segunda fecha presentaran valores alejados de los estimados por la regresión, por lo tanto presentaran altos residuales:

$$ND_c = ND_{t2} - ND_{t2}^{\wedge}$$

Residuales de la regresión multitemporal.

Los coeficientes de regresión pueden calcularse para todos los ND de la imagen o a partir de un muestreo. Todo depende del funcionamiento aplicado en el tratamiento digital de la imagen.

## **CAPÍTULO V**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN**

#### **5.1 Introducción**

Para alcanzar un objetivo es necesario realizar determinadas actividades y para ello es preciso, a su vez, diseñar y ejecutar un sistema capaz de desarrollarlas. Un sistema puede definirse como un conjunto de elementos (medios o recursos) que actúan y se interrelacionan para la consecución de un objetivo. Gestionar correctamente una actividad significa planificarla, organizarla y controlar su ejecución para alcanzar el objetivo deseado, utilizando eficientemente los recursos disponibles.

Un Sistema de Gestión es un conjunto de etapas unidas en un proceso continuo, el cual permite trabajar ordenadamente una idea hasta lograr mejoras y su continuidad.

El plan de diseño del sistema de gestión aplicado a este estudio, establece cinco etapas unidas en un proceso continuo, las cuales operan de acuerdo a un diseño bien estructurado, ya que son modelos y prácticas operativas, estas etapas son; la recolección, almacenamiento, integración, consulta y análisis y finalmente producción.

Este plan de diseño del sistema de gestión, debe ser actualizable y flexible, también tiene que comparar alternativas para identificar y

seleccionar soluciones óptimas y finalmente debe ser capaz de retroalimentarse.

El uso de un correcto sistema de gestión, permite renovar constantemente objetivos, estrategias, operaciones y niveles de servicio.

La elaboración del plan de diseño del sistema de gestión, para el Proyecto de la Carretera Tingo María – Aguaytía, Tramo: Puente Pumahuasi – Puente Chino, tiene por objetivo principal establecer una metodología de gestión para la evaluación, monitoreo continuo del estado y condición de las estructuras de obras de arte, además de diseñar, desarrollar, implementar y presentar un Sistema Integrado Mapa-Base de Datos, que permita proporcionar información en forma sistematizada de uso múltiple, de tal manera que sirva para la ubicación, descripción, clasificación, análisis y monitoreo en tiempo real de las diversas estructuras de obras de arte y drenaje del proyecto, facilitando la toma de decisiones.

Este sistema de gestión, también puede ayudar a gestionar los riesgos de un proyecto, mejora la efectividad operativa, reduce los costos, logra mejoras continuas, potencia la innovación, aporta claridad al mercado y aumenta la satisfacción del cliente. (Ver Figura 31).

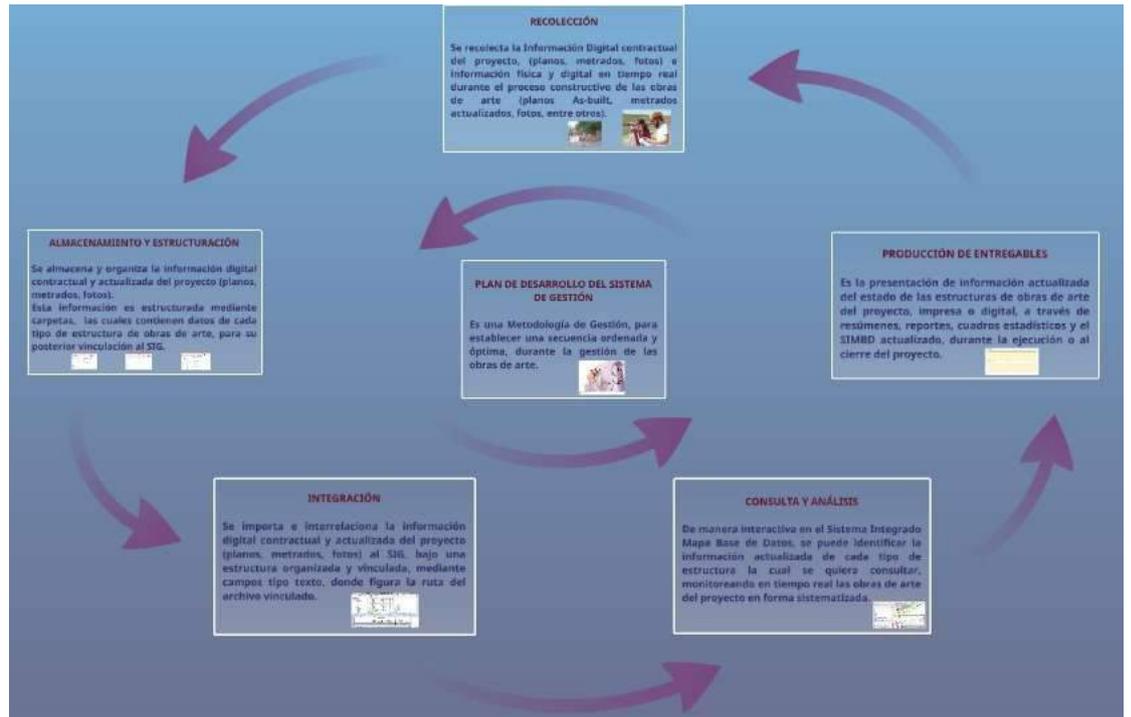


Figura 31. Plan de Desarrollo del Sistema de Gestión.

## 5.2 Recopilación de Datos

Posiblemente los componentes más importantes de un sistema de información geográfico (SIG), son los datos. Los datos geográficos y los datos tabulares relacionados pueden obtenerse por relevamiento propio o adquirirse de un proveedor comercial de datos. La mayoría de los SIG emplean un SMBD (Sistema de Manejo de Base de Datos), para crear y mantener una base de datos, con la finalidad de ayudar a organizar y manejar los mismos. En esta etapa se recabó toda la información posible del proyecto en calidad contractual, a su vez también se recopiló datos durante el proceso constructivo de las estructuras de obras de arte de la carretera, lo cual permitió tener información contractual y actual del

proyecto. Dentro de la información recopilada podemos mencionar que se obtuvo lo siguiente:

- Plano base del trazo del eje de la carretera correspondiente a los 23 kilómetros de longitud, en archivo de AutoCAD, formato dwg.
- Planos de detalles de todas las estructuras de obras de arte, en total 243 archivos de AutoCAD, formato dwg.
- Plantillas de metrados de las diferentes estructuras de concreto del proyecto, en total 154 archivos de Excel, formato xls.
- Fotografías de los detalles de las estructuras de obras de arte, en total 349 fotografías, formato jpg.

El plano base del trazo del eje de la carretera, las plantillas de los metrados y los planos de detalles de las estructuras forman parte de la información contractual del proyecto. Algunos planos de detalles de las estructuras fueron variando durante el proceso de ejecución (as built) y las fotografías de las diferentes actividades de construcción, fueron tomadas durante el proceso constructivo de las diversas estructuras de obras de arte en campo, siendo ambos parte de la información post-contractual del proyecto.

### **5.2.1 Tipo de Datos**

#### **Datos tipo (CAD)**

Los sistemas CAD crean diseños y planes de construcción e infraestructuras. Esta actividad requiere, que para crear la estructura completa se ensamblen componentes de características fijas. Estos sistemas requieren escasas reglas de especificación de ensamble de componentes y tienen capacidades analíticas muy limitadas. Los sistemas CAD, han sido extendidos para soportar mapas, pero por lo general poseen poca utilidad en el manejo y análisis de las bases de datos geográficas de gran tamaño.

Los planos con los diseños de las diferentes estructuras de obras de arte, están elaborados en formato AutoCAD, estos planos se encuentran vinculados, de tal manera que cuando se haga una consulta respecto a las diversas estructuras al sistema, se pueda visualizar en forma directa y práctica estos planos de detalle, de una manera ordenada y sencilla.

#### **Datos Descriptivos (Base de datos)**

Son aquellos datos los cuales, brindan una explicación de forma detallada y ordenada de los sectores de la carretera y de las diferentes estructuras de obras de arte del proyecto.

El plano base del trazo del eje de la carretera, las plantillas de los metrados, los planos de detalles de las estructuras y

las fotografías de las diferentes actividades de construcción, forman parte de la información descriptiva del proyecto.

La información del proyecto contractual en general es actualizada con los datos obtenidos en campo durante la fase de ejecución, mediante los avances de reportes de producción de estructuras, cambios en los diseños (as built), observaciones, entre otros, es decir datos post contractuales, los cuales también son considerados como información descriptiva del proyecto. Estas actualizaciones son editadas en la misma información contractual, la cual está vinculada al SIG (tabla de atributos), de tal forma que es automática su actualización.

### **Datos Tipo Raster**

Un tipo de datos raster es cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. El modelo de SIG raster o de retícula, se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor.

El formato raster se obtiene cuando se digitaliza un mapa o una fotografía, o bien cuando se obtienen imágenes digitales

capturadas por satélites, en ambos casos se obtiene un archivo digital de esa información.

La captura de la información en este formato se hace mediante los siguientes medios: scanners, imágenes de satélite, fotografía aérea, entre otros.

Cualquiera que esté familiarizado con la fotografía digital reconoce el píxel como la unidad menor de información de una imagen. Una combinación de estos píxeles creará una imagen, a distinción del uso común de gráficos vectoriales escalables que son la base del modelo vectorial. Si bien una imagen digital se refiere a la salida como una representación de la realidad, en una fotografía, el tipo de datos raster reflejará una abstracción de la realidad. Las fotografías aéreas son una forma comúnmente utilizada de datos raster con un sólo propósito; mostrar una imagen detallada de un mapa base, sobre la que se realizarán labores de digitalización. Otros conjuntos de datos raster contendrá información relativa a elevaciones (un Modelo Digital del Terreno), o de reflexión de una particular longitud de onda de la luz (las obtenidas por el satélite LandSat), entre otros.

Los datos raster se componen de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos raster

pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o píxel). Otros valores registrados para cada celda puede ser un valor discreto, como el uso del suelo, valores continuos, como temperaturas, o un valor nulo si no se dispone de datos. Si bien una trama de celdas almacena un valor único, estas pueden ampliarse mediante el uso de las bandas del raster para representar los colores RGB (rojo, verde, azul). La resolución del conjunto de datos raster, es el ancho de la celda en unidades sobre el terreno.

### **Datos Multimedia (Fotos, videos, gráficos)**

Se refiere a cualquier sistema que utiliza múltiples medios de expresión (físicos o digitales), para presentar o comunicar información. Los medios pueden ser variados, imágenes, videos, sonidos entre otros.

En este estudio las fotos de las diversas estructuras de obras de arte, están vinculadas con la base de datos del sistema de gestión, para su visualización e identificación. La vinculación se hace por medio de campos tipo texto, donde se encuentra la ubicación del archivo en el disco, el cual es vinculado con la respectiva ruta de dirección.

Este vínculo de fotos, permite mediante un clic en el SIG, visualizar la foto relacionada a cada tipo de estructura la cual

se quiera consultar, de esta manera se pueda identificar a detalle la progresiva, fecha y fase constructiva de la estructura en cual se encuentra, para finalmente monitorear en tiempo real todas las estructuras de obras de arte en forma sistematizada.

## **5.2.2 Elaboración de una Base de Datos Geoespacial**

### **Archivos Shapes**

Un archivo de tipo shape, es un formato de representación vectorial desarrollado por **ESRI** (Environmental Systems Research Institute). Consta de un número variable de archivos, en los que se almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos (archivo shape \*.shp), junto con sus atributos o características (tabla dBase \*.dbf).

No se trata de un único archivo, si no de 3 a 8 archivos independientes. Cada uno de estos archivos, tiene una función específica y almacena un tipo de información (elementos geométricos, atributos, proyección, metadatos, entre otros).

Los elementos geométricos se almacenan mediante sus vértices en el archivo shape. Actualmente, cada archivo shape solo puede tener un tipo de elementos (puntuales, lineales o zonales). Dependiendo del tipo de archivo shape, también se

podrá almacenar valores de altura o mediciones en estos vértices. (Ver Figura 32).

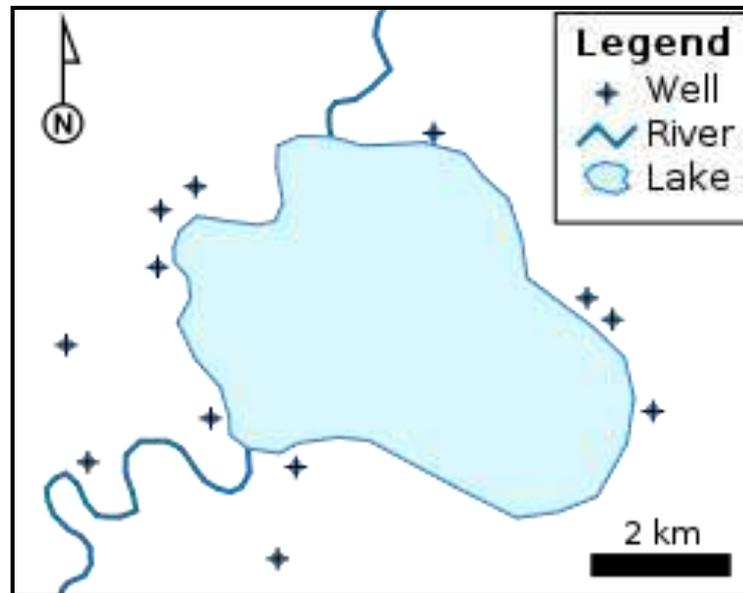


Figura 32. Elementos tipo Shape.

La información temática y los atributos de cada elemento se almacenan mediante números o cadenas de texto, en una tabla de datos independiente en formato dBase. Cada elemento del archivo shape, se relaciona con su registro en la tabla mediante un código identificador.

Este formato carece de capacidad para almacenar información topológica, ni características de la representación.

Dependiendo de la aplicación con que generemos nuestros archivos shape, podremos obtener un número variable de

archivos. Sin embargo hay tres archivos que resultan imprescindibles en todo archivo de tipo shape y son los siguientes:

- Shape (.shp): Se trata del archivo principal y almacena la información geométrica de los elementos de la capa en formato vectorial. Pueden contener puntos, líneas o polígonos y cada vértice lleva implícitas sus coordenadas en un sistema de referencia concreto (que por lo general se especifica en el archivo project). Se componen de una cabecera con información general sobre el tipo de archivo shape y un número variable de registros, que a su vez pueden estar compuestos por varias entidades geométricas independientes.
- Shape Index (.shx): Consiste en un índice de las entidades geométricas, el cual permite refinar las búsquedas dentro del archivo shape.
- dBase (.dbf): Se trata de una tabla de datos en la que se registran los atributos de cada elemento. Es un formato muy compatible y sencillo que permite almacenar datos estructurados. En los archivos shape, las tablas dBase se emplean para asignar atributos numéricos, de texto o de fecha a los registros contenidos en el archivo principal. Cada registro debe estar asociado con una única entrada en la tabla, ambos archivos se vinculan mediante un número de registro en el archivo principal y el código en la tabla.

Además de estos tres archivos requeridos, opcionalmente se pueden utilizar otros para mejorar el funcionamiento en las operaciones de consulta en la base de datos, información sobre la proyección cartográfica, o almacenamiento de metadatos. Estos archivos son:

- .sbn y .sbx - Almacena el índice espacial de las entidades.
- .ain y .aih - Almacena el índice de atributo de los campos activos en una tabla o el tema de la tabla de atributos.
- Projection (.prj) - Es el archivo que guarda la información referida al sistema de coordenadas y permite georreferenciar automáticamente los elementos geométricos contenidos en el archivo shape.
- .shp.xml - Almacena los metadatos del archivo shape.

Los archivos de tipo shape en este estudio, están aplicados a todas las estructuras de obras de arte del proyecto, los cuales permiten poder almacenar digitalmente la localización e información geométrica de las diferentes estructuras de concreto, mediante un sistema de coordenadas definido y atributos respectivos.

A continuación se presenta la lista de los archivos tipo shape generados a partir de la información recopilada de las diferentes estructuras de obras de arte del proyecto. (Ver Tabla 3).

Nº	CAPA	TIPO DE GEOMETRIA	Nº ELEMENTOS
1	ALCANTARILLAS.shp	Polygon	91
2	ALIVIADERO1.shp	Polygon	52
3	ALIVIADERO2.shp	Polygon	68
4	Bordillos.shp	Polygon	8
5	CTLD.shp	Polygon	9
6	CTLI.shp	Polygon	10
7	Carretera.shp	Polygon	1
8	CunetasRectLD.shp	Polygon	10
9	CunetasRectLI.shp	Polygon	10
10	CurvasDeNivel.shp	Polyline	5,416
11	Descargas.shp	Polygon	16
12	EJEULTIMO.shp	Polyline	1
13	EmboquilladoC3.shp	Polygon	1
14	EmboquilladoC4.shp	Polygon	1
15	GAVIONES.shp	Polygon	9
16	GavionC4.shp	Polygon	1
17	GavionesC3.shp	Polygon	2
18	MUROS.shp	Polygon	40
19	PerimetroC3.shp	Polygon	1
20	PerimetroC4.shp	Polygon	1
21	PerimetroDique3.shp	Polygon	1
22	PerimetroDique4.shp	Polygon	1
23	PlataformaDrenajeC3.shp	Polygon	1
24	PlataformaDrenajeC4.shp	Polygon	1
25	RapidaC4.shp	Polygon	1
26	RapidasC3.shp	Polygon	3

Tabla 3. Tabla de elementos tipo shape.

## **Mapas Temáticos**

A medida que los mapas se han vuelto más complejos, ha ido aumentando la presentación de subconjuntos de la información original. Estos son los mapas para fines especiales, de distribución o temáticos. Pueden mostrar la distribución espacial de una variedad casi ilimitada de características y su objetivo es la representación gráfica de los patrones y relaciones espaciales, en la medida en que es posible relacionarlos con el espacio geográfico y transformarlos en símbolos cartográficos.

Un mapa temático representa datos a través de técnicas de visualización como áreas pintadas, símbolos, efectos tridimensionales, gráficas estadísticas y puntos. A través del uso del color, símbolos de tamaño variable y diferentes tipos de tramas, el valor relativo de un tema puede ser representado como una distribución geográfica. Varios temas pueden ser mostrados sobre mapas usando distintas combinaciones de símbolos, colores, entre otros. Adicionalmente el mapa temático puede ser combinado con otros elementos cartográficos para completar su lectura.

Debido al amplio abanico de temas que abarcan y a la creciente tendencia a generarlos con computadoras, este tipo de mapas está aumentando muy rápidamente, a la vez

que se afirma cada vez más su importancia para los SIG. Muchos mapas temáticos se encuentran en el comercio, pero la mayor parte, se prepara para un fin específico, por ejemplo para una investigación, o para ilustrar una zona en particular o bien como soporte para algunos proyectos de ingeniería y construcción. (Ver Figura 32).

Para nuestro sistema de gestión se elaboraron 10 mapas temáticos, a continuación la lista de mapas generados. (Ver Tabla 4).

N	MAPA TEMÁTICO
1	P01_UBICACIÓN_CARRETERA.mxd
2	P02_CARRETERA_15+200_18+000.mxd
3	P03_CARRETERA_18+000_21+000.mxd
4	P04_CARRETERA_21+000_23+000.mxd
5	P05_CARRETERA_23+000_24+000.mxd
6	P06_CARRETERA_24+000_27+000.mxd
7	P07_CARRETERA_27+000_29+000.mxd
8	P08_CARRETERA_29+000_31+000.mxd
9	P09_CARRETERA_31+000_34+000.mxd
10	P10_CARRETERA_34+000_38+000.mxd

Tabla 4. Listado de Mapas Temáticos de la carretera.

Estos mapas contienen los siguientes elementos:

1. Norte Geográfico.
2. Grilla de Coordenadas.
3. Leyenda.
4. Escala de Texto.
5. Escala Grafica.
6. Membrete.
7. Sistema de Coordenadas del Mapa.



### **5.2.3 Resúmenes y Reportes**

Es la presentación de información actualizada del estado de las estructuras de obras de arte del proyecto, mediante el empleo de formatos físicos y digitales. Estos formatos digitales son diseñados y editados en el SIG, para su impresión a través de resúmenes, reportes, cuadros y gráficos estadísticos, los cuales permiten monitorear en tiempo real el estado de todas las estructuras de obras de arte del proyecto en forma sistematizada, para su inmediata consulta, toma de decisiones y que contribuya a la administración y gestión de los recursos en forma acertada y actualizada.

#### **Resumen para Muros**

Para los muros se han considerado las siguientes características o atributos, para resumir y reportar los datos más importantes se tiene:

1. Ejecutor.
2. Volumen de excavación.
3. Volumen de relleno.
4. Volumen de filtros.
5. Volumen de concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
6. Volumen de concreto solado  $F'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ .
7. Área de encofrado de muros.
8. Peso del acero (Kg).

En el presente cuadro, se muestra un resumen en base al atributo denominado Ejecutor. (Ver Tabla 5).

Ejecutor	N Muros	VolExc	VolRel	VolFil	VolC_210	VolSol 100	AreaEncofr	PesoAcer
AEP	11	1988.5	1528.91	201.68	450.18	38.51	1189.68	21458.53
Consortio	11	2056.93	1406.9	234.58	402.62	44.13	1266.68	20287.48
PUPUCHE	12	2518.79	1778.95	220.68	457.56	45.93	1430.98	24334.44
WANKA	6	638.49	436.76	81.89	140.85	16.05	496.76	7262.01
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>7202.71</b>	<b>5151.52</b>	<b>738.83</b>	<b>1451.21</b>	<b>144.62</b>	<b>4384.1</b>	<b>73342.46</b>

Tabla 5. Cuadro resumen respecto al Ejecutor.

Esta grafica elaborada en el software, muestra los ejecutores versus las excavaciones y rellenos producidos. (Ver Figura 33)

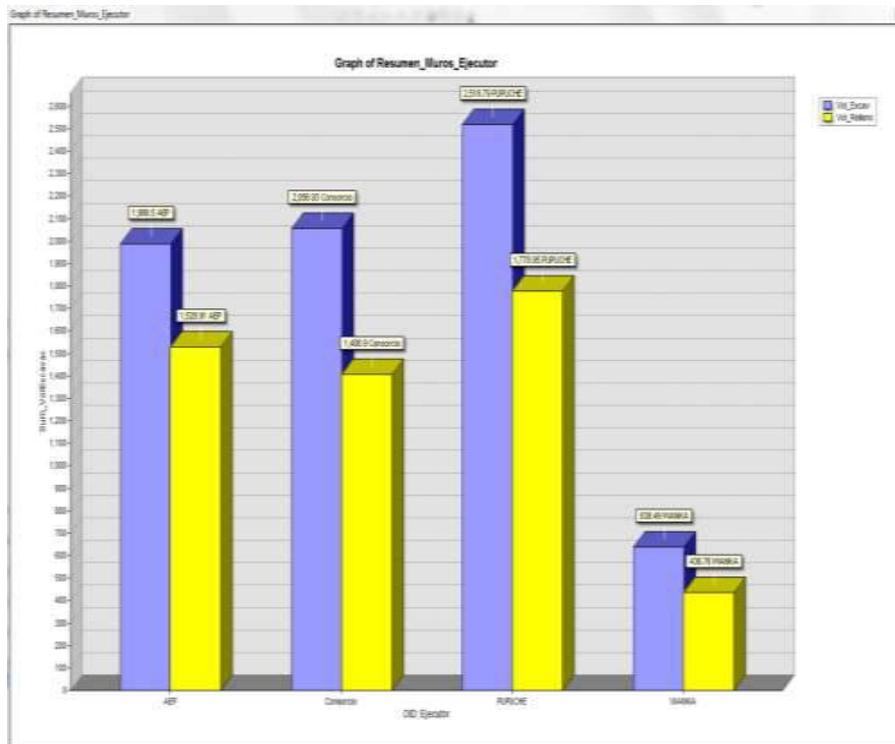


Figura 34. Grafica Ejecutor vs Volúmenes de excavación y Relleno.

## Reporte de Muros

### MUROS

Ejecutor	CODIGO	PI	VolEscavac	VolBalleas	VolFiltros	VolCone210	VolSols100	AreaEncofr	PesoAcero
<b>AFP</b>									
	M-07	20210	405.08	317.09	34.57	79.04	7.24	217.63	4101.84
	M-08	25975	32.73	21.63	3.90	9.27	1.2	37.31	307.67
	M-09	26096.75	406.28	402.58	53.80	137.71	9.89	289.17	7058.87
	M-10	29027.5	12.39	5.82	2.75	4.66	0.76	20.98	202.66
	M-11	26780	401.09	338.19	40.08	95.3	8.31	251.48	4945.91
	M-12	26872.5	53.64	32.37	8.55	13.82	1.77	52.16	463.55
	M-13	27427.3	301.35	234.26	24.4	56.57	4.38	133.65	2962.74
	M-37	36389.36	0	0	0	1.04	0	7.1	59.12
	M-38	37771.5	29.63	19.4	5.54	18.1	1.17	57.04	403.6
	M-39	37394.4	0	0	0	1.15	0	12.85	114.49
	M-40	37315	133.82	117.97	19.98	33.72	3.82	114.11	1438.08
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>1986.3</b>	<b>1328.91</b>	<b>291.69</b>	<b>458.18</b>	<b>30.51</b>	<b>1199.68</b>	<b>23426.53</b>
<b>Comercio</b>									
	M-01	16068.35	52.13	32.80	7.86	12.75	1.64	48.12	371.09
	M-02	18578.5	405.7	292.74	32.61	78.53	5.96	123.46	3723.15
	M-03	19022.5	134.64	95.99	11.75	21.59	2.39	72.78	1390.72
	M-04	21902	342.03	174.58	18.74	39.04	3.41	103.99	2134.67
	M-05	24682.5	16.09	8.78	3.33	6.03	1.01	25.32	218.66
	M-06	25039.5	24.95	11.15	4.21	6.42	0.82	27.2	263.34
	M-20	31133.5	406.03	298.4	41.37	79.95	7.52	234.82	4287.47
	M-21	31455	72.65	44.91	10.35	15.86	1.99	60.7	633.22
	M-22	31848.59	97.41	60.8	21.19	13.43	2.61	79.33	833.99
	M-23	32227.5	299.29	200.32	36.47	59.88	6.77	199.77	3356.69
	M-24	35440	306.02	196.29	46.7	76.14	10.06	291.34	2973.48
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>2916.33</b>	<b>1496.8</b>	<b>234.55</b>	<b>402.62</b>	<b>41.13</b>	<b>1296.68</b>	<b>28247.45</b>

Page 1 of 2

Ejecutor	CODIGO	PI	VolEscavac	VolBalleas	VolFiltros	VolCone210	VolSols100	AreaEncofr	PesoAcero
<b>PUPUCHE</b>									
	M-14	28232.5	145.32	84.35	27.86	47.37	6.35	173.38	1267.06
	M-15	28298.9	0	0	0	19.8	0	67.63	359.88
	M-16	28977.5	466.01	325.13	37.31	85.42	7.23	217.23	4223.89
	M-17	29068.5	197.3	113.89	23.37	39.66	4.49	134.39	1778.07
	M-18	29987.5	224.31	180.33	33.43	32	6.22	180.67	2369.43
	M-19	30770	0	0	0	0	0	0	0
	M-31	33135.5	28.03	14.58	4.95	7.80	1.12	35.78	324.79
	M-32	35835.05	116.14	72.14	15.46	23.89	3.1	99.21	1046.8
	M-33	35940.95	109.92	77.76	16.78	37	3.42	114.73	1377.09
	M-34	35972.7	77.27	42.15	0	2.67	0	39.71	78.23
	M-35	36027.1	0	0	0	3.11	0	34.47	172.15
	M-36	36102.5	1199.89	866.84	61.49	142.99	14	349.84	30746.02
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>2315.79</b>	<b>1779.93</b>	<b>229.69</b>	<b>437.94</b>	<b>41.93</b>	<b>1439.99</b>	<b>24334.21</b>
<b>WANKA</b>									
	M-25	33685	378.94	269.03	41.27	74.35	8	236.61	4340.24
	M-26	34127.5	59.49	35.55	10.19	16.6	2.23	63.55	583.23
	M-27	34211.5	93.06	65.12	14.29	22.15	2.73	82.13	1067.27
	M-28	34322.5	106.4	67.06	16.14	24.33	3.09	91.2	1345.45
	M-29	34598.12	0	0	0	2.53	0	17.12	92.6
	M-30	34855	0	0	0	0.89	0	6.15	43.22
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>638.19</b>	<b>436.76</b>	<b>51.99</b>	<b>149.85</b>	<b>16.95</b>	<b>496.78</b>	<b>7382.01</b>
<b>Totales</b>			<b>7262.71</b>	<b>5151.52</b>	<b>738.33</b>	<b>1451.21</b>	<b>144.82</b>	<b>4354.1</b>	<b>73342.16</b>

Tabla N° 6: Cuadro de Reporte de Muros

## Resumen para Alcantarillas

Para las alcantarillas se han considerado las siguientes características o atributos, para resumir y reportar los datos más importantes se tiene:

1. Ejecutor.
2. Diámetro en Pulgadas. (36, 48 y 60)
3. Longitud de la alcantarilla. (36, 48 y 60)
4. Volumen de excavación.
5. Volumen de relleno.
6. Área de encofrado de alcantarillas. (cabezales y cajas toma)
7. Volumen de concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
8. Volumen de concreto solado  $F'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ .
9. Peso del acero. (Kg)

A continuación se muestra el cuadro de resumen en base al atributo denominado Ejecutor. (Ver Tabla 6).

Ejecutor	N Alcant	LongAlcant	VolExc	VolRel	VolC_210	VolSol 100	AreaEncofr	PesoAcer
AEP	20	165.14	597.22	396.55	64.55	5.76	341.53	1575.82664
Consortio	39	409.52	1825.41	1152.97	165.69	13.77	837.1	3534.31768
PUPUCHE	17	153.93	801.03	401.14	90.44	5.24	464.985	1594.37796
WANKA	13	176.76	809.57	593.79	78.86	5.75	380.42	1460.08
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>905.35</b>	<b>4033.23</b>	<b>2544.45</b>	<b>399.54</b>	<b>30.52</b>	<b>2024.035</b>	<b>8164.60228</b>

Tabla 7. Cuadro resumen respecto al Ejecutor.

## Reporte de Alcantarillas

### ALCANTARILLAS

Ejecutor	DiamsPulg	CODIGO	Progresiva	LongAlc	VolExcavac	VolRelleno	AreaEncifr	VolConc210	VolSola100	PesoAcero
<b>ALP</b>										
<b>36</b>										
		ALC-08	19011.54	1.02	8.8	4.34	14.92	2.55	0.37	87.43224
		ALC-09	18399.66	3.24	7.6	5.44	4.3	0.46	0	10.41712
		ALC-11	19024.9	0	0	0	0	0	0	0
		ALC-12	19135.15	0	8.8	1.45	10.22	2.15	0.37	77.01512
		ALC-13	19314.4	0	7.6	1.49	10.22	2.15	0.37	77.01512
		ALC-31	27136.5	9.72	44.43	14.29	16.21	3.23	0.37	101.94
		ALC-32	27321	11.35	42.36	29.65	11.72	2.57	0.37	65.96
		ALC-33	27430.75	10.53	22.83	62.27	25.8	4.22	0	32.01
		ALC-34	27591.3	10.53	38.69	34.62	0	0	0	0
		ALC-35	27930.3	11.34	44.53	27.39	20.44	4.66	0.74	154.03
		ALC-36	28100.35	10.53	37.58	23.58	12.65	2.69	0.37	87.15
		ALC-37	28338.02	10.53	33.15	26.97	22.02	3.5	0	33.6
		ALC-38	29177.5	13.08	7.63	6.39	10.22	2.37	0.37	77.02
		ALC-39	29370.5	11.03	5.95	3.66	12.18	2.63	0.37	86.72
		ALC-40	29430.4	12.23	5.72	3.86	13.08	2.93	0.37	96.14
		ALC-70	34338.64	14.58	76.9	44.89	32.38	5.58	0.37	110.61
		ALC-72	34857	13.77	43.33	36.09	19.94	3.2	0	33.6
<b>Sub Total por Diametro</b>					<b>144.89</b>	<b>432.3</b>	<b>323.3</b>	<b>232.3</b>	<b>41.31</b>	<b>1136.8388</b>
<b>48</b>										
		ALC-10	18892.75	0	12.48	2.56	14.92	2.55	0.37	86.83704
		ALC-68	34335.82	10.53	46.83	24.93	32.15	5.01	0	37.57
		ALC-71	34651.41	10.53	102.01	40.26	58.96	12.08	0.95	300.96
<b>Sub Total por Diametro</b>					<b>21.89</b>	<b>161.32</b>	<b>67.73</b>	<b>185.63</b>	<b>13.84</b>	<b>425.36784</b>
<b>Sub Total por Ejecutor</b>					<b>166.78</b>	<b>593.62</b>	<b>391.03</b>	<b>417.93</b>	<b>55.15</b>	<b>1562.20664</b>

Ejecutor	Diametro	CODIGO	Progresiva	LongAle	VolExcavac	VolRelleno	AreaEncofr	VolCone210	VolSola100	PesoAcero
<b>Cuauquerio</b>										
<b>36</b>										
		ALC-03	16320	19.53	53.57	30.6	28.92	5.19	0.37	110.61232
		ALC-04	16623.55	1.62	9.5	17.74	10.22	2.15	0.37	77.01512
		ALC-05	16882.75	0	0	0	0	0	0	0
		ALC-06	17359.9	2.43	16.12	11.29	10.58	2.19	0.37	77.01512
		ALC-07	17655.1	0	8.48	1.83	10.58	2.19	0.37	77.01512
		ALC-41	29827.5	11.45	19.62	6.82	30.38	6.5	0.37	110.61
		ALC-42	29727.5	10.53	23.27	23.11	0.99	0.5	0	25.84
		ALC-43	29673.8	11.35	41.25	28.73	14.14	2.9	0.37	94.11
		ALC-44	30005.6	10.53	10.74	7.6	12.14	2.9	0.37	93.12
		ALC-45	30109.6	11.81	8.97	2.85	13.58	2.82	0.37	92.12
		ALC-47	30416.5	10.53	29.45	23.87	12.92	2.73	0.37	89.04
		ALC-50	30917.8	12.3	2.27	2.2	5.74	0.72	0	4.37
		ALC-55	31847	13.77	31.81	24.97	5.48	0.64	0	0
		ALC-60	33057.8	5.67	17.23	18.25	19.12	3.33	0.37	92.2
		ALC-62	33340	13.77	93.67	47.6	32.02	5.53	0.37	110.61
		ALC-63	33488.2	12.15	70.38	44.64	37.6	6.28	0.37	110.61
		ALC-64	33696.8	11.34	15.08	20.78	21.8	3.43	0	33.6
		ALC-74	35445.57	4.86	30.65	16.59	28.82	5.06	0.37	120.75
		ALC-87	37196.6	13.75	1.86	1.86	0	0	0	0
		ALC-88	37297.8	12.15	70.91	34.21	31.4	5.5	0.37	110.61
		ALC-89	37349.7	11.34	25.63	30.95	35.12	5.97	0.37	110.61
		ALC-91	37740	11.34	172.12	31.98	33.88	5.81	0.37	110.61
<b>Sub Total por Diametro</b>				<b>290.42</b>	<b>732.61</b>	<b>424.47</b>	<b>886.43</b>	<b>72.84</b>	<b>3.92</b>	<b>1639.48743</b>

<b>48</b>										
		ALC-01	15760.77	0	0	0	0	0	0	0
		ALC-02	16071.35	1.62	0	0	0	0	0	0
		ALC-46	30330	18.3	61.46	22.33	18.52	4.82	0.76	125.04

Page 2 of 3

Ejecutor	Diametro	CODIGO	Progresiva	LongAle	VolExcavac	VolRelleno	AreaEncofr	VolCone210	VolSola100	PesoAcero
		ALC-52	31284	10.58	51.91	54.43	46.72	9.55	0.76	189.58
		ALC-53	31458.6	11.74	0	0	0	0	0	0
		ALC-56	32022.45	12.15	99.7	50.02	50.66	9.83	0.76	186.32
		ALC-58	32591.2	4.05	15.18	20.22	29.19	4.64	0	37.57
		ALC-59	32961.82	23.49	267.28	186.93	35.83	10.01	1.52	297.6
		ALC-61	33196	13.77	104.98	62.04	54.86	10.57	0.76	186.38
		ALC-73	35134.02	9.85	6.89	5.47	5.88	3.92	0	0
		ALC-75	35570.6	12.96	128.29	70.38	70.8	13.6	0.95	300.96
<b>Sub Total por Diametro</b>				<b>133.31</b>	<b>735.43</b>	<b>489.53</b>	<b>312.46</b>	<b>64.94</b>	<b>3.31</b>	<b>1323.45</b>
<b>60</b>										
		ALC-48	30609.8	12.41	0	0	0	0	0	0
		ALC-49	30775.6	16.62	0	0	0	0	0	0
		ALC-51	31077.26	14.5	29.49	17.86	21.7	5.59	0.78	159.19
		ALC-54	31653.1	12.27	108.13	73.31	53.33	10.78	0.78	195.18
		ALC-57	32185	11.34	94.8	45	49.18	9.74	0.78	203.03
		ALC-90	37321.83	20.45	104.89	98.51	0	0	0	0
<b>Sub Total por Diametro</b>				<b>87.89</b>	<b>377.31</b>	<b>234.89</b>	<b>124.21</b>	<b>28.11</b>	<b>2.31</b>	<b>369.4</b>
<b>Sub Total por Ejecutor</b>				<b>409.32</b>	<b>1825.41</b>	<b>1152.97</b>	<b>637.1</b>	<b>165.69</b>	<b>13.77</b>	<b>3534.31768</b>

**PUPUCHE**

<b>36</b>										
		ALC-14	19624.05	0	30.65	12.27	27.32	5.19	0.37	110.61232
		ALC-16	20330	11.34	57.08	35.01	27.812	5.05	0.37	110.61232
		ALC-17	21169.9	0	9.04	6.39	10.22	2.15	0.37	77.01512
		ALC-18	21919.21	3.24	13.63	10.01	0	0	0	0
		ALC-66	34136.5	12.15	48.79	27.38	28.82	4.28	0	33.6
		ALC-67	34216.4	10.53	15.35	18.59	21.8	3.43	0	33.6
		ALC-82	36190.05	10.53	24.37	27.62	32.02	5.58	0.37	110.61
		ALC-83	36420.8	12.15	48.33	42.49	37.6	6.28	0.37	110.61
		ALC-84	36690	10.53	21.23	27.87	13.82	2.99	0.37	92.42

Page 3 of 3

Ejecutor	DiamePulg	CODIGO	Progresiva	LongAlc	VolExcavac	VolRelleno	AreaEncofr	VolConc210	VolSola100	PesoAcero	
		ALC-86	36971.3	12.15	75.53	34.98	35.12	5.97	0.37	110.61	
<b>Sub Total por Diametro</b>					92.82	34.2	242.81	234.302	18.93	2.89	749.88978
<b>45</b>											
		ALC-15	19754.85	1.82	4.23	6.72	19.433	5.34	0.37	169.3382	
		ALC-19	24097.2	11.34	108.98	50.34	51.52	9.94	0.76	187.99	
		ALC-20	24225	12.15	245.8	22.97	50.85	9.83	0.76	187.11	
		ALC-21	24521	11.4	0	0	13.42	7.78	0	0	
		ALC-22	24880.61	11.9	58.25	47.68	46.56	10.2	0.76	189.58	
		ALC-65	33840	12.15	39.77	30.82	39.55	5.09	0	37.57	
		ALC-85	36845	10.55	0	0	9.32	1.34	0	43.1	
<b>Sub Total por Diametro</b>					71.31	457.03	134.33	238.433	49.32	2.63	564.8892
<b>Sub Total por Ejecutor</b>					153.93	891.03	481.14	464.985	90.44	3.24	1594.37796
<b>WANKA</b>											
<b>36</b>											
		ALC-24	25503.1	12.16	19.97	25.7	19.54	3.04	0	36.06	
		ALC-30	26890.4	12.15	13.38	7.35	13.75	2.76	0.37	89.34	
<b>Sub Total por Diametro</b>					34.31	33.33	33.09	33.29	3.0	0.37	125.4
<b>45</b>											
		ALC-23	25257.6	12.96	44.08	41.13	30.76	6.72	0.76	190.71	
		ALC-25	25980	9.73	93.82	57.21	48.88	13.21	0.76	184.33	
		ALC-26	26094.43	19.44	111.59	91.67	18.27	4.82	0.76	146.96	
		ALC-28	26423.7	13.02	58.24	32.95	48.55	12.43	0.76	187.11	
		ALC-77	35652.1	14.58	115.56	71.37	34.37	5.28	0	37.57	
		ALC-78	35845.42	12.96	67.61	43.12	41.03	6.12	0	37.57	
		ALC-81	36080.24	12.15	65.13	40.86	32.15	5.01	0	41.75	
<b>Sub Total por Diametro</b>					95.44	534.03	379.31	254.91	33.58	1.04	923.99
<b>60</b>											
		ALC-27	26296.41	17.01	163.77	108.9	44.72	10.82	1.96	323.03	

Page 4 of 5

Ejecutor	DiamePulg	CODIGO	Progresiva	LongAlc	VolExcavac	VolRelleno	AreaEncofr	VolConc210	VolSola100	PesoAcero	
		ALC-29	26633.45	12.26	0	0	0	0	0	0	
		ALC-79	35896.1	13.97	6.28	16.8	29.7	3.67	0	35.57	
		ALC-80	35981.63	13.77	60.14	56.73	18.7	4.98	0.78	150.09	
<b>Sub Total por Diametro</b>					67.81	229.15	182.49	93.22	19.47	2.34	565.69
<b>Sub Total por Ejecutor</b>					176.75	699.57	583.79	390.42	78.86	3.75	1468.85
<b>Totales</b>					905.35	4833.23	2544.45	2024.835	399.54	30.52	8164.60228

Tabla N° 8: Cuadro de Reporte de Alcantarilla

### 5.3 Descripción de la metodología de sistematización

La metodología de sistematización aplicada a las estructuras de obras de arte de este proyecto de carretera, consiste en diseñar un sistema capaz de planificar, organizar y desarrollar actividades, mediante un sistema de gestión, el cual tenga etapas unidas en un proceso continuo, de manera que permita trabajar ordenadamente una idea hasta lograr mejoras y su continuidad.

Este proceso continuo está compuesto por las siguientes etapas correspondientes al plan de diseño del sistema de gestión:

**1. Ingreso de Datos** - El ingreso de datos se refiere a todas las operaciones por medio de las cuales los datos espaciales de mapas, sensores remotos y otras fuentes son convertidos a un formato digital. El proceso de convertir datos de mapas analógicos en papel a archivos de computación se llama digitalización. Tecnologías modernas de SIG tienen la capacidad de automatizar este proceso completamente para grandes proyectos, proyectos de menor trascendencia pueden requerir alguna digitalización manual.

Hoy en día, muchos tipos de datos geográficos existen en formatos compatibles con SIG. Estos datos pueden obtenerse de proveedores y ser cargados en un SIG.

**2. Almacenamiento** - Almacenamiento de datos se refiere al modo como los datos espaciales son estructurados y organizados dentro del SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación y diseño de atributos. Las computadoras permiten que se almacenen gran cantidad de datos, sea en el disco duro de la computadora o en discos portátiles.

**3. Manipulación** - La manipulación o transformación de datos se hace para obtener información útil de los datos previamente ingresados al sistema. La manipulación de datos abarca dos tipos de operaciones: (1) operaciones para eliminar errores y actualizar conjuntos de datos (editar); y (2) operaciones que hacen uso de técnicas analíticas para dar respuesta a preguntas específicas formuladas por el usuario.

Es muy posible que los datos para un SIG en particular requieran transformación para hacerlos compatibles con su sistema. Por ejemplo; la información geográfica puede estar disponible en distintas escalas (mapas regionales). Antes de que esta información pueda integrarse, debe transformarse a la misma escala. Esta puede ser una transformación temporal para propósitos de despliegue o una permanente para análisis.

**4. Integración** - Consiste en interrelacionar datos o información tales como; imágenes satelitales, fotografías aéreas, diseños de

planos, trabajo de datos en forma de campo, los cuales podrían ser GPS, encuestas, fotografías, documentos, informes, listados, directorios, entre otros. Todo este tipo de información se organiza dentro de un SIG bajo una determinada estructura y modelo.

**5. Manejo y Administración** - En un proyecto SIG a pequeña escala, puede que sea suficiente almacenar la información geográfica como archivos simples. Sin embargo, se puede llegar a un punto en el que el volumen de los datos aumenta y el número de los usuarios disminuye, en esos casos es mejor utilizar un sistema de administración o manejo de bases de datos (SMBD). Este sistema es un software que maneja y administra una base de datos, es decir una colección integrada de datos.

**6. Consulta y Análisis** - Los SIG proporcionan la capacidad de consultas simples, con solo un clic y con sofisticadas herramientas de análisis proporciona información oportuna a los técnicos y especialistas. La tecnología SIG despliega realmente todas sus capacidades cuando se utilizan para analizar datos geográficos, buscar patrones y tendencias y asumir escenarios “que pasa si...”. Los SIG modernos cuentan con poderosas herramientas analíticas los cuales facilitan la toma de decisiones y optimizan resultados.

**7. Muestra** - Consiste en la exhibición y presentación de datos, empleando formatos comúnmente utilizados, los cuales incluyen mapas, gráficos, informes, tablas y cartas, sea en forma impresa o como imagen en pantalla, o bien como un archivo de textos trasladables a otros programas de cómputo para su mayor análisis.

#### **5.4 Desarrollo del Plan de Diseño del Sistema de Gestión**

Este estudio propone un Plan de Desarrollo del Sistema de Gestión, el cual podrá establecer una secuencia ordenada y óptima durante la gestión de las obras de arte, mediante un conjunto de procesos, durante la fase de inicio, construcción y cierre del proyecto vial.

De esta manera se brindará información sistematizada de uso múltiple y en tiempo real, de las estructuras de obras de arte, para su rápida consulta, eficiente administración y facilitando la toma de decisiones.

En este plan de diseño del sistema de gestión, se aplica cinco etapas unidas en un proceso continuo, las cuales operan de acuerdo a un diseño bien estructurado, ya que son modelos y prácticas operativas. Estas etapas son las siguientes; la recolección de datos, el almacenamiento de datos, la integración

de datos, la consulta y análisis de datos y finalmente la producción de datos.

## **1. Recolección de Datos**

En esta etapa se recolecto toda la información digital posible del proyecto en calidad contractual, es decir toda aquella información el cual involucra planos, metrados, fotografías, expedientes técnicos, memorias descriptivas, entre otros. También se recopiló información física y digital durante el proceso constructivo de las estructuras de obras de arte de la carretera, como son los diseños de los planos corregidos, metrados actualizados, fotos tomadas en tiempo real durante la construcción de las estructuras, reportes diarios de producción de campo, entre otros.

Dentro de la información digital recopilada más trascendental se puede nombrar los siguientes:

- Plano base del trazo del eje de la carretera correspondiente a los 23 kilómetros de longitud, en archivo de AutoCAD, formato dwg. Este plano muestra principalmente el eje de la carretera, así como las ubicaciones por progresivas de las diversas estructuras de obras de arte del proyecto, elaboradas en distintas capas de trabajo del AutoCAD.

- Planos de detalles de todas las estructuras de obras de arte, en total 243 archivos de AutoCAD, formato dwg. Se refiere a todos los diseños de las distintas estructuras de obras de arte, en el cual figura los detalles de dibujo en planta, perfil y ciertas observaciones técnicas. (Ver Figura 34).

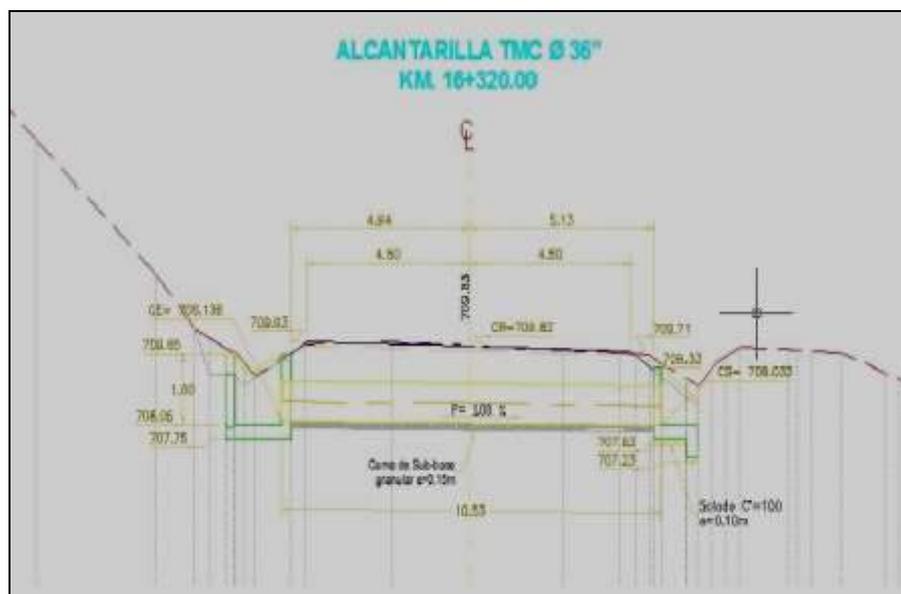


Figura 35. Detalle de plano de alcantarilla km 16+320.

- Plantillas de metrados de las diferentes estructuras de concreto del proyecto, en total 154 archivos de Excel, formato xls. Es la información en el cual podemos apreciar los metrados de las diferentes partidas de todas las actividades de obras de arte que involucra el proyecto. Estos metrados también pueden ser correlacionados con el costo. (Ver Figura 35).

ALCANTARILLA TMC Ø 36"													
KM. 16+320.00													
RESUMEN													
Demolición de Estructuras	Excavación no Clasificada para Estructuras	Relleno para Estructuras con Material Propio	Concreto Fc=210 Kg/cm <sup>2</sup>	Encofrados Desmontado de Elevaciones	Junta de Aliv. de 0.30m	Acero de Refuerzo de Fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup>	Tubería TMC de Alc. Extremos	Protección Asfáltica en Alc. Extremos	Limpieza Interior de Alc. Existentes	Enrocado de Protección	Aliviaderos de Mampostería en Piedra Enbloq.	Soleado	Pegamento Epoxico
00.00.00	06.01.00	06.04.00	06.07.00	06.08.00	06.11.00	06.12.00	06.14.01	06.17.00	06.18.00	06.20.00	06.33.00		
(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )		(kg)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
0.00	53.57	38.68	2.25	30.22	0.00	77.82	10.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00
			3.04	30.70		33.80							
0.00	53.57	38.68	5.19	28.92	0.00	111.61	10.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.00

Figura 36. Plantilla de metrado de alcantarilla km 16+320.

- Fotografías de los detalles de las estructuras de obras de arte, en total 349 fotografías, formato jpg. Son todas aquellas fotografías tomadas en tiempo real durante la ejecución de las actividades de obras de arte, como son la construcción de muros, alcantarillas, aliviaderos, entre otras. Estas fotos indican el tipo de estructura, progresiva y fecha en la cual ha sido ejecutada. (Ver Figura 36).



Figura 37. Fotografía en tiempo real, de la alcantarilla  
km 16+320.

## 2. Almacenamiento y Estructuración

En esta etapa se administra la información geográfica y descriptiva contenida en las bases de datos y los elementos en que físicamente son almacenados. Es decir la información digital contractual del proyecto (planos, metrados, fotografías, entre otros), es estructurado y organizado dentro de un SIG, de acuerdo a la ubicación, interrelación y diseño de atributos.

Esta base de datos de información descriptiva es estructurada mediante carpetas, las cuales contienen datos de cada tipo de estructura de obras de arte para su posterior vinculación al SIG, de esta manera ayuda a organizar y manejar de forma óptima la información. (Ver Figura 37).

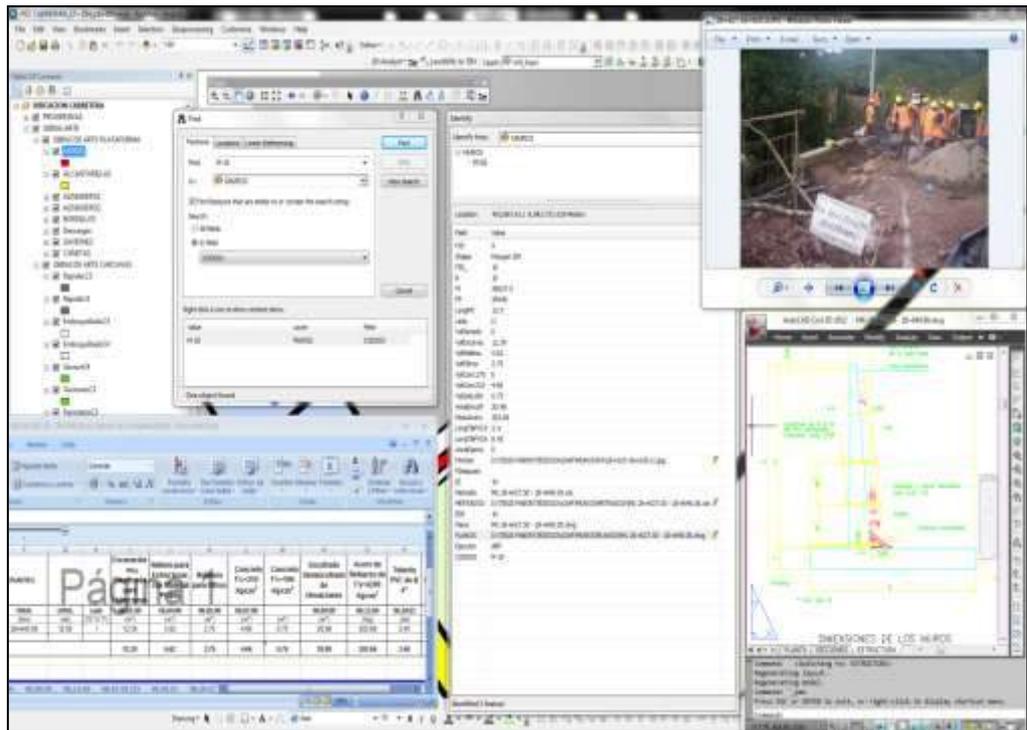


Figura 38. Almacenamiento de la información digital contractual.

### 3. Integración de Datos

Consiste en importar e interrelacionar datos o información tales como; imágenes satelitales, fotografías aéreas, diseños de planos, encuestas, fotografías, documentos, informes, listados, directorios, entre otros. Todo este tipo de información se organiza dentro de un SIG, bajo una determinada estructura y modelo, en donde las diversas estructuras de obras de arte están vinculadas con la base de datos del sistema de gestión, para su rápida visualización e identificación. La vinculación se hace por medio de campos tipo texto, donde se encuentra la ubicación del archivo en el disco, el cual es vinculado con la ruta. (Ver Figura 38).

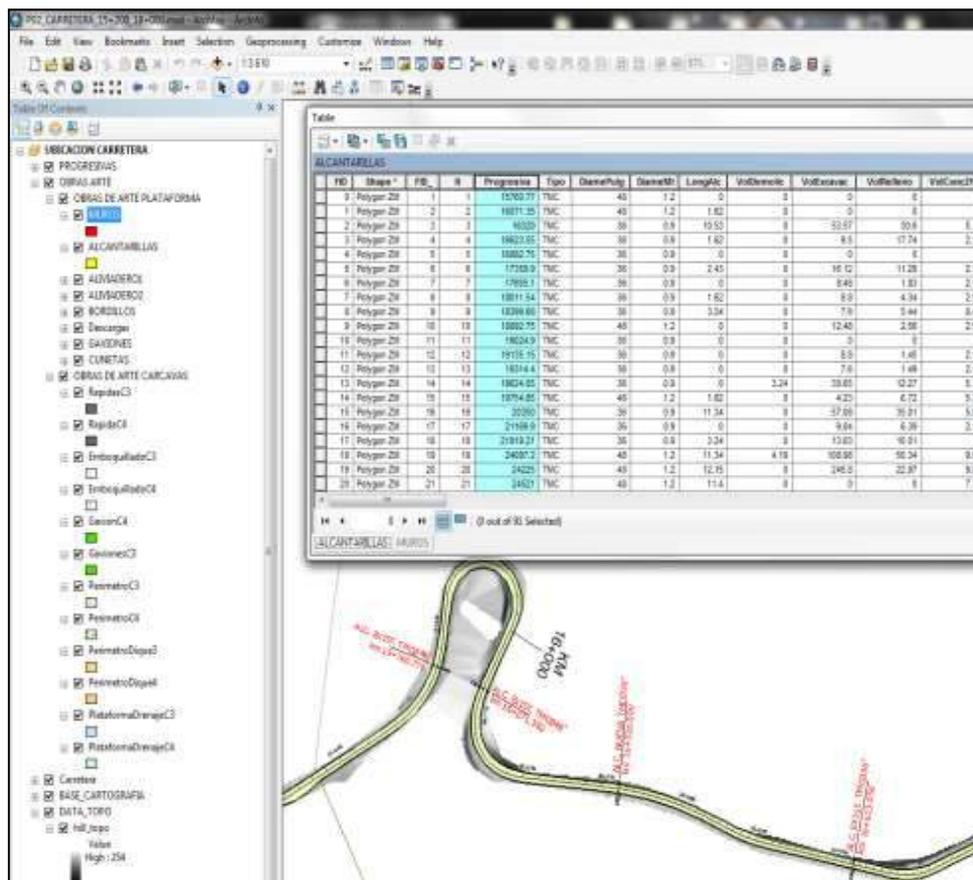


Figura 39. Importación e integración de información al SIG.

#### 4. Consulta y Análisis de Datos

Los SIG proporcionan la capacidad de resolver consultas simples con solo un clic y con sofisticadas herramientas de análisis. La tecnología SIG despliega realmente todas sus capacidades cuando se utilizan para analizar datos geográficos, buscar patrones, tendencias entre otros. El vínculo de la información descriptiva con el SIG, permite mediante un clic en el sistema integrado mapa-base de datos, visualizar la información actualizada relacionada a cada tipo de estructura la cual se quiera consultar, para finalmente monitorear en tiempo

real todas las obras de arte del proyecto en forma sistematizada para su rápida consulta y eficiente administración. (Ver Figura 39).

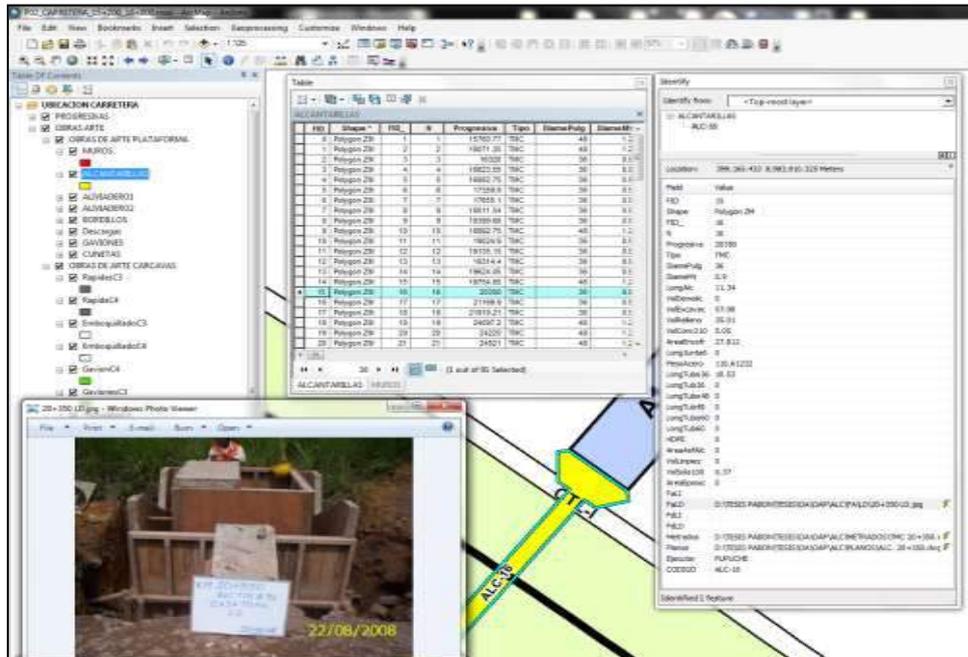


Figura 40. Consulta en el Sistema Integrado Mapa Base de Datos.

## 5. Producción de Entregables

Consiste en la exhibición y presentación de información actualizada del estado de las estructuras de obras de arte del proyecto, mediante el empleo de formatos físicos y digitales comúnmente utilizados, los cuales incluyen mapas, gráficos, resúmenes, informes, tablas y listas, ya sea en forma impresa o visual en un sistema integrado mapa-base de datos. Estos formatos digitales son diseñados y editados en el SIG, para su impresión a través de resúmenes, reportes, cuadros y gráficos

estadísticos, los cuales permiten monitorear en tiempo real el estado de todas las estructuras de obras de arte en forma sistematizada para su inmediata consulta, de esta manera se logra gestionar los riesgos del proyecto, mejorar la efectividad operativa, reducir los costos, lograr mejoras continuas y potenciar la innovación, entre otros. (Ver Figura 40, 41).

MUROS									
Ejecutor	CODIGO	PI	VolEnsayos	VolBalleo	VolFiltros	VolConc210	VolSola100	ArsaEncofr	PesoAcero
<b>AEP</b>									
	M-07	25210	455.58	517.09	34.37	79.04	7.24	217.63	4101.84
	M-08	25975	32.73	21.63	5.06	9.27	1.2	37.51	307.67
	M-09	29086.75	456.28	462.35	55.85	137.71	9.89	285.17	7058.57
	M-10	26627.5	12.39	5.62	2.75	4.66	0.75	20.98	202.66
	M-11	26790	491.08	338.19	46.08	95.3	8.31	201.48	4345.91
	M-12	26672.5	33.64	32.37	8.55	13.62	1.77	52.16	463.55
	M-13	27427.5	301.35	214.26	24.4	56.57	4.30	135.65	2962.74
	M-37	36389.36	0	0	0	1.04	0	7.1	59.12
	M-38	37171.5	29.63	19.4	5.54	18.1	1.17	57.04	403.6
	M-39	37394.4	0	0	0	1.15	0	12.85	114.49
	M-40	37515	106.82	117.97	19.98	33.72	3.82	114.11	1439.08
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>1995.3</b>	<b>1325.91</b>	<b>291.65</b>	<b>430.15</b>	<b>25.51</b>	<b>1189.68</b>	<b>21456.53</b>
<b>Comercio</b>									
	M-01	16068.35	52.13	32.89	7.86	12.75	1.04	48.12	371.09
	M-02	16578.5	465.7	292.74	32.61	75.53	5.95	123.46	3723.15
	M-03	19022.5	134.64	95.99	11.75	21.59	2.39	72.76	1390.72
	M-04	21902	242.03	174.58	18.74	39.04	3.41	103.96	2134.67
	M-05	24682.5	16.09	8.73	3.33	6.03	1.01	25.52	218.66
	M-06	29039.5	24.95	11.15	4.21	6.43	0.82	27.2	263.54
	M-20	31133.5	406.03	286.4	41.37	73.95	7.32	234.62	4287.47
	M-21	31455	72.65	44.91	10.35	15.86	1.95	60.7	633.22
	M-22	31848.55	97.41	60.5	21.19	13.43	2.61	79.33	933.99
	M-23	32227.5	299.28	200.31	36.47	59.88	6.77	199.77	3355.69
	M-24	33440	306.02	196.39	46.7	76.14	10.06	291.34	2975.48
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>2956.91</b>	<b>1186.9</b>	<b>214.58</b>	<b>482.62</b>	<b>44.13</b>	<b>1269.48</b>	<b>29257.48</b>

Figura 41. Reportabilidad de construcción de muros.

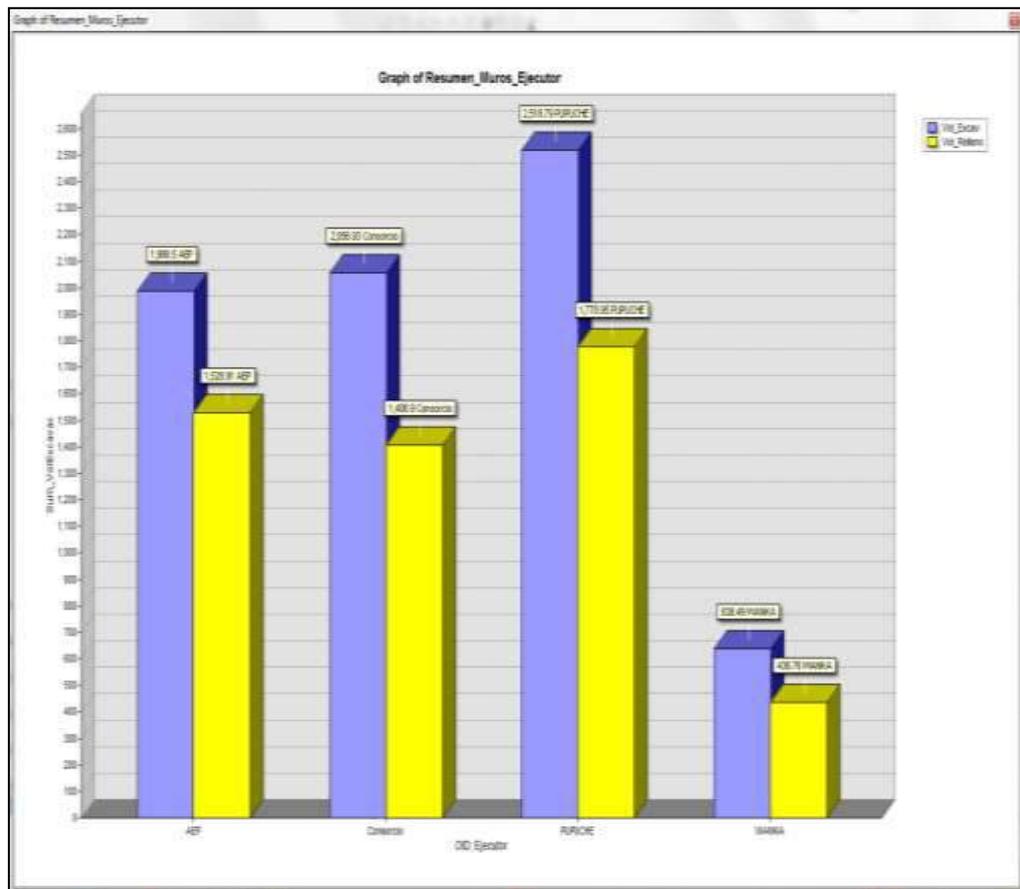


Figura 42. Grafico estadístico de la producción de los contratistas.

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **6.1 Ubicación sistematizada de las obras de arte por medio del Sistema Integrado Mapa-Base de datos**

La ubicación de las diversas estructuras de obras de arte y drenaje, por medio del Sistema Integrado Mapa-Base de datos, se puede realizar de diferentes formas, a continuación se muestra los 3 principales métodos de ubicación sistematizada de las estructuras de obras de arte del proyecto:

##### **6.1.1 Ubicación de las Obras de Arte por medio de la Tabla de Atributos**

Es el método de ubicación sistematizada más sencillo de aplicar, el cual consiste en abrir la tabla de atributos correspondiente a las diversas estructuras de obras de arte (alcantarillas), a continuación se muestra 91 alcantarillas en total, tal como se aprecia a continuación, (Ver Figura 42).

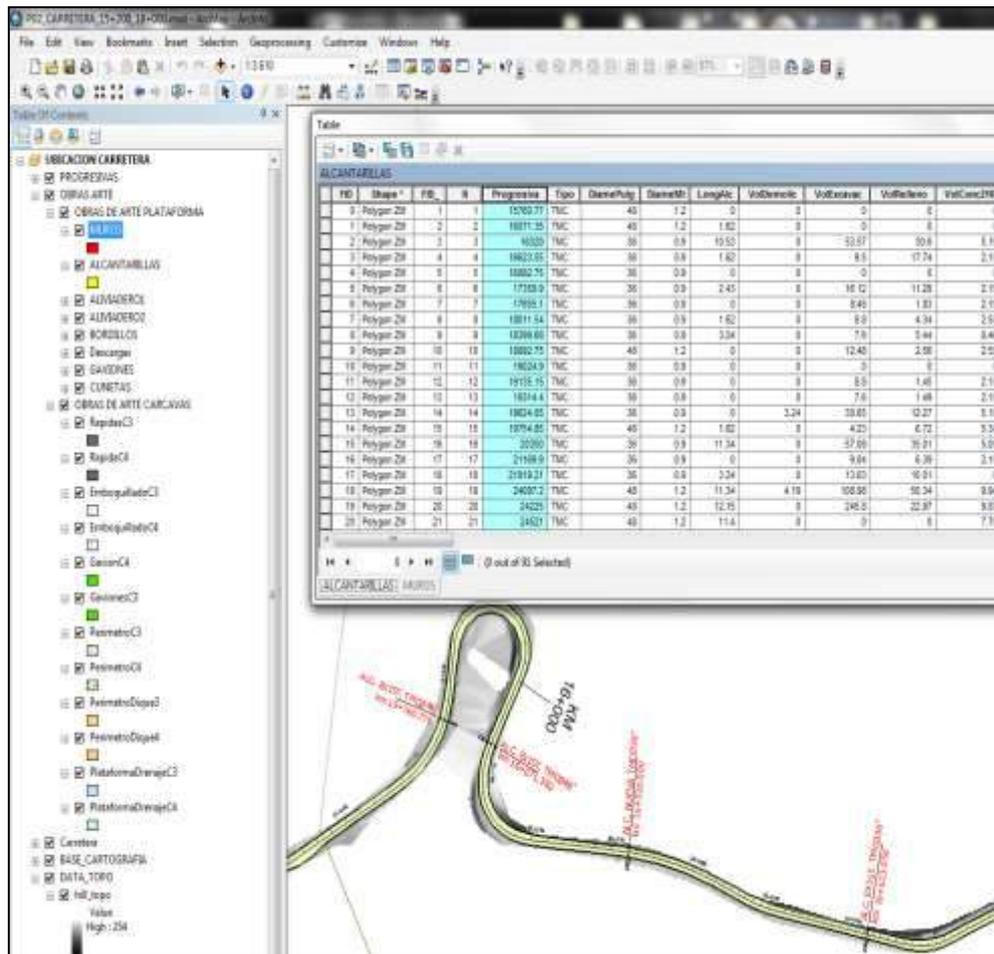


Figura 43. Tabla de atributos de las 91 alcantarillas.

A continuación se procede a ubicar en la tabla de atributos, la alcantarilla a consultar, luego se hace clic derecho y se procede a seleccionar la opción **Zoom To**, para ubicarlo geográficamente en el plano digital. (Ver Figura 43).

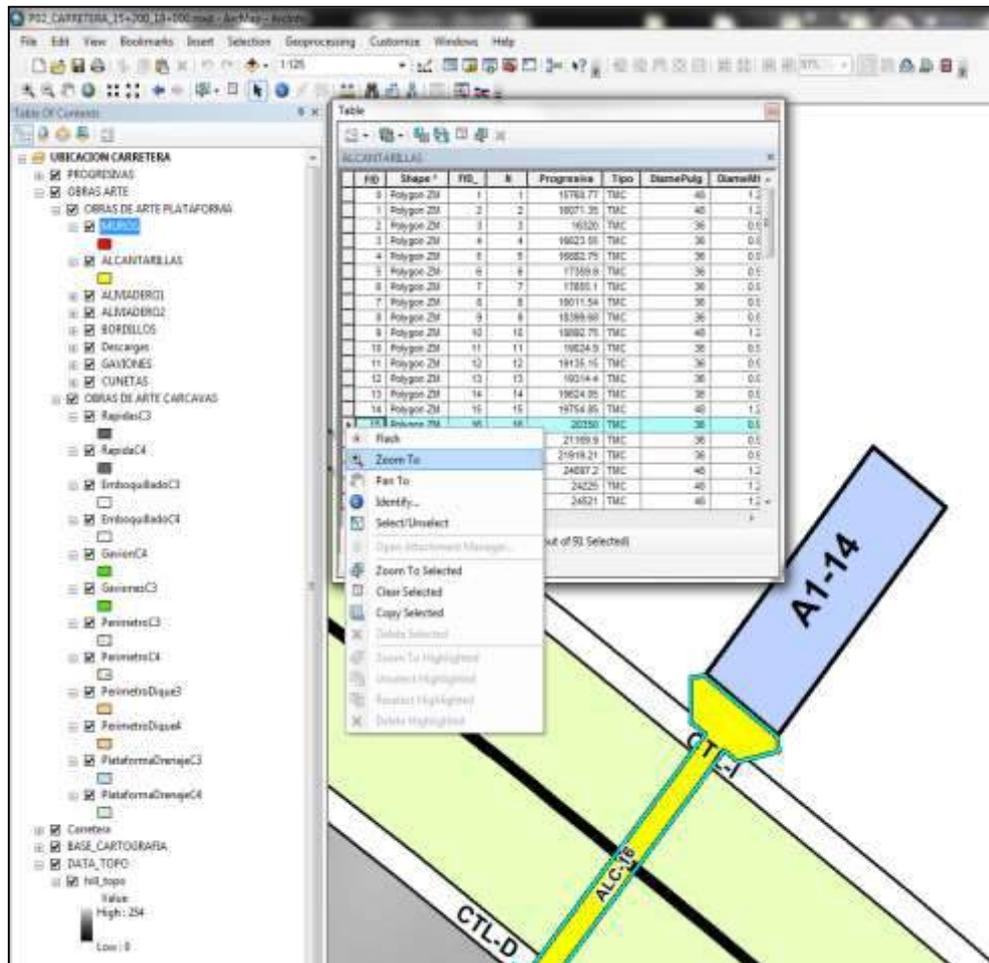


Figura 44. Ubicación geográfica, mediante el Zoom To.

Finalmente en el menú contextual, se ubica y se selecciona la opción **Identify**, para visualizar los atributos y/o características de la alcantarilla consultada. (Ver Figura 44).



De la misma manera se procede a consultar el campo referente a los metrados, para visualizar las cantidades calculadas en el formato Excel de las diferentes partidas de la estructura en consulta (TMC 20+350.xls). (Ver Figura 46).

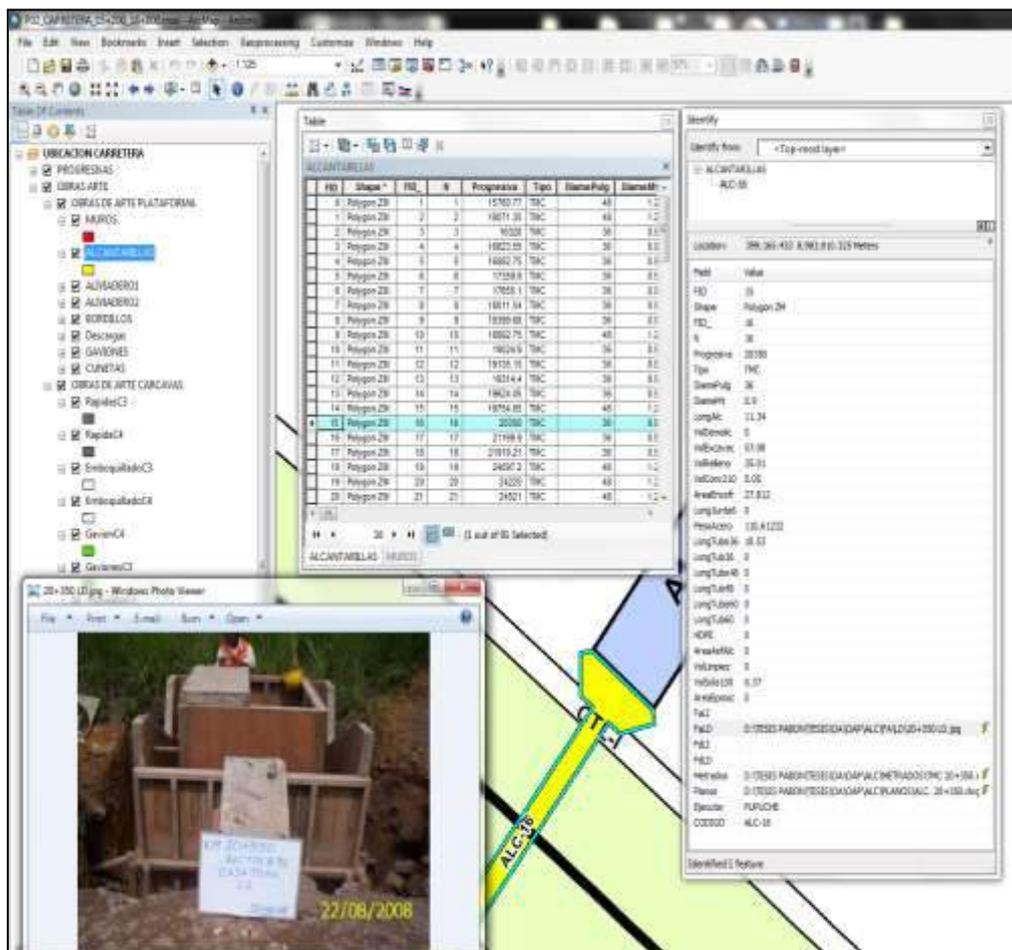


Figura 46. Identificación a través de la foto, durante su ejecución y posterior toma de datos.

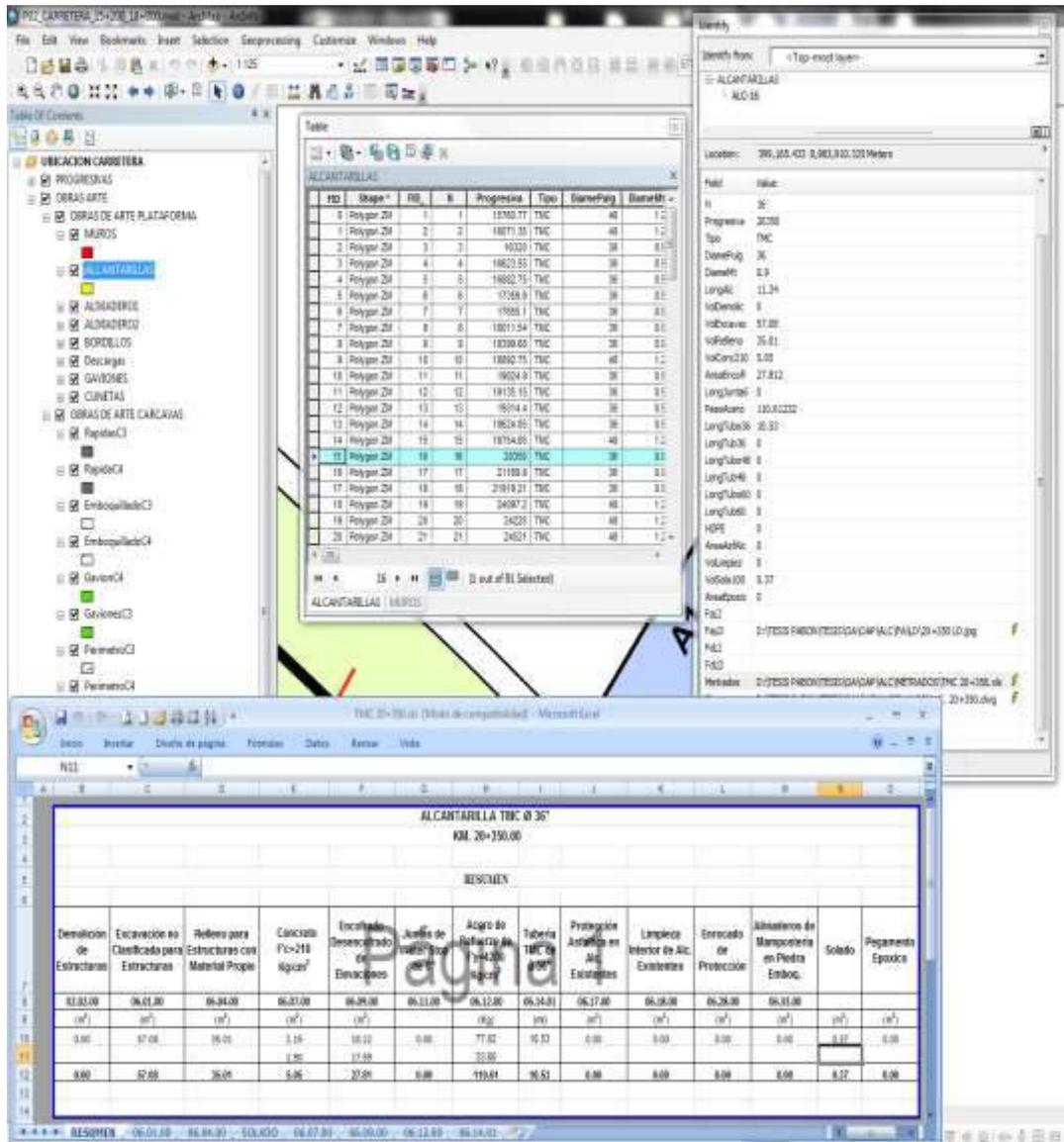


Figura 47. Identificación a través del archivo Excel (metrado), de la información contractual del proyecto.

En esta misma ventana desplegada **Identify**, se puede hacer muestra también del plano de diseño de la estructura en consulta, en el campo correspondiente a planos, el cual haciendo clic en el hipervínculo respectivo, muestra el plano de diseño de la alcantarilla, a través del programa Auto CAD (ALC. 20+350.dwg). (Ver Figura 47).

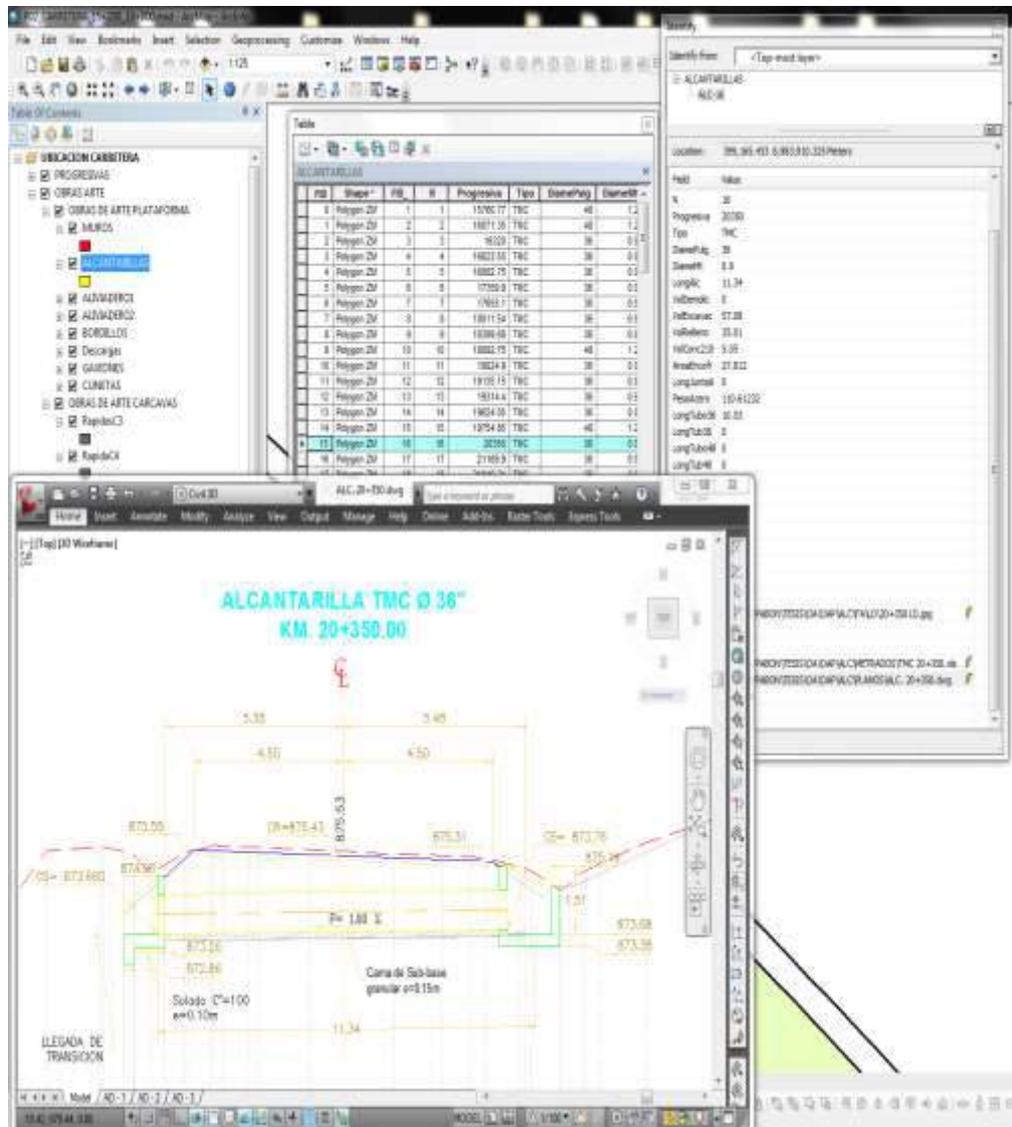


Figura 48. Identificación a través del Auto Cad (diseño).

## 6.1.2 Ubicación de las Obras de Arte mediante la herramienta

### FIND

Se puede también ubicar las estructuras de obras de arte usando la herramienta Find de la barra Tools, el cual permite hacer búsquedas por atributos de todas las capas geográficas, ubicándolas e identificándolas con la opción **Identify**. (Ver Figura 48).



Figura 49. Tabla de Herramientas, FIND.

En Find se procede a digitar M-10 para ubicar el muro10, se selecciona M-10 en el menú contextual, luego se hace clic en Zoom To para ubicarlo geográficamente y finalmente con la opción Identify, se accede a los atributos donde se aprecia los Hipervínculos de las fotos, metrados y planos, tal como se muestra. (Ver Figura 49).

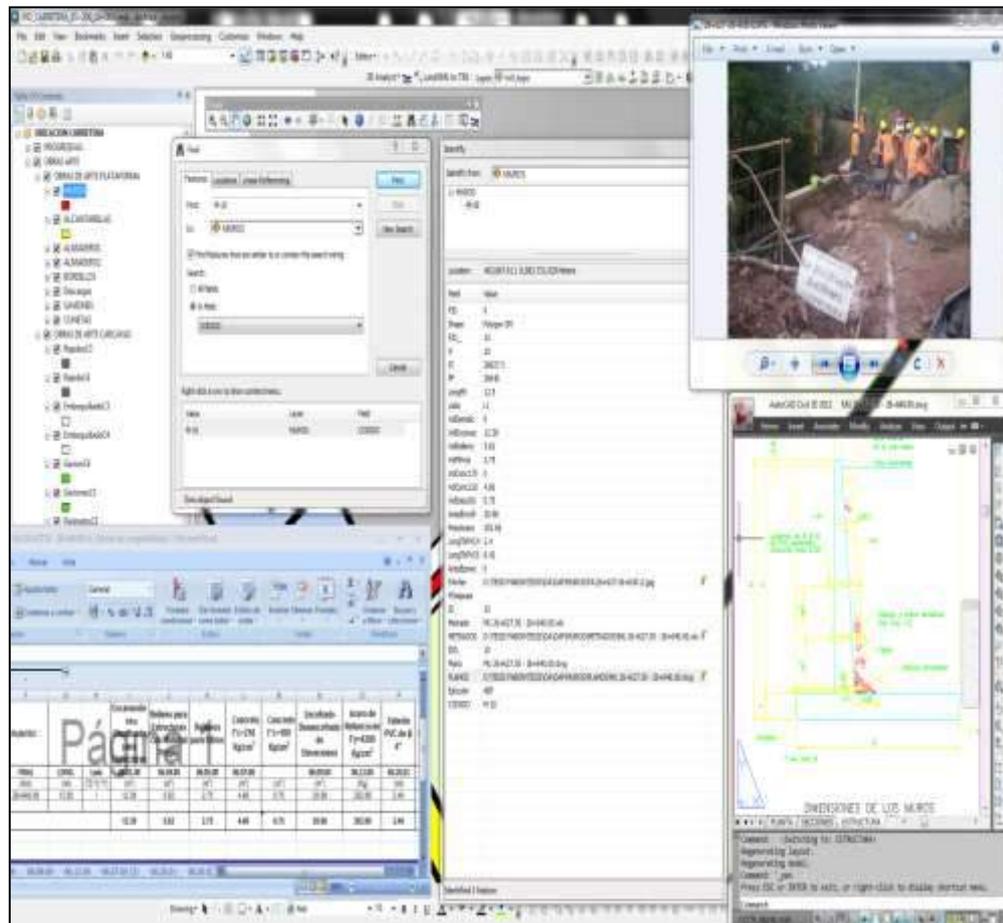


Figura 50. Herramienta FIND.

### 6.1.3 Ubicación de las Obras de Arte por medio del Bookmarks

En el menú Bookmarks se puede configurar y guardar diferentes ubicaciones geográficas, es decir sectorizar la carretera. Para el presente Sistema Integrado Mapa-Base de Datos, se crearon los Bookmarks cada 1 Km de tal manera que sea factible ubicar rápidamente las estructuras de obras de arte dependiendo de su kilometraje, una vez ubicados se puede acceder a los atributos a través de la herramienta Identify.

Una vez configurado el sistema y tal como se muestra en la figura se procede a hacer clic en la pestaña Bookmarks, para poder visualizar los kilómetros configurados sectorizados a cada kilómetro de la carretera. De esta manera se puede filtrar el sector por kilómetro a consultar, el cual comprende las diferentes estructuras de obras de arte y drenaje. (Ver Figura 50).

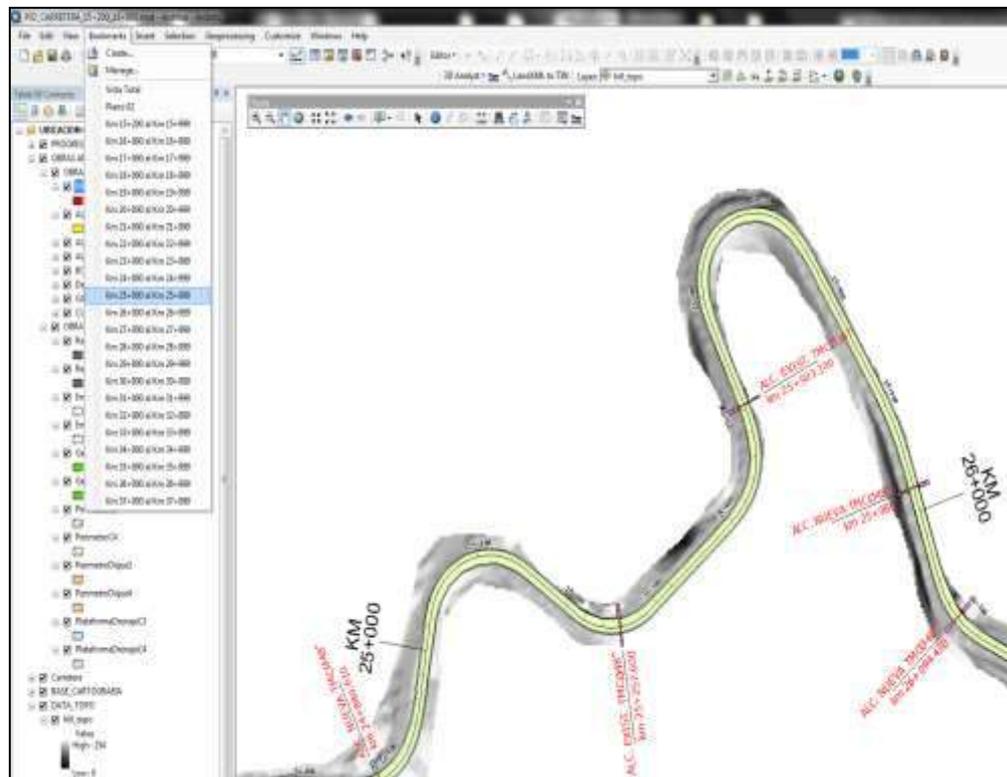


Figura 51. Lista de tramos por kilómetros configurados.

## 6.2 Resultado de Consultas

A través del Sistema Integrado Mapa-Base de Datos, se pueden hacer diversas consultas para obtener resultados y hacer análisis.

En el menú Selection, se selecciona la opción Select by Attributes, luego se procede a marcar todas las alcantarillas que estén comprendidas entre las progresivas km 22+000 y km 28+000. (Ver Figura 51).

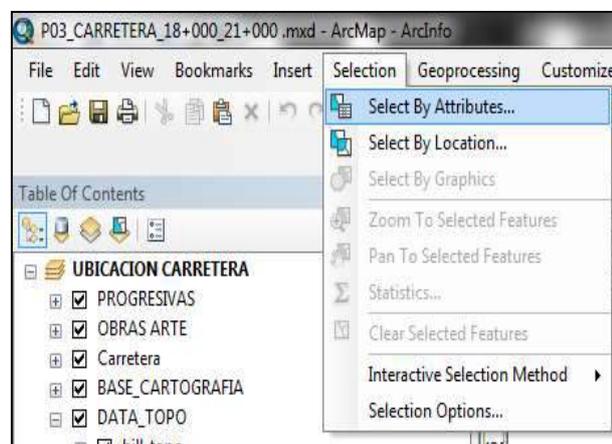


Figura 52. Herramienta de consulta.

En la selección se encontraron 17 alcantarillas ubicadas entre las progresivas Km 22+000 al Km 28+000 de un total de 91 alcantarillas, una vez seleccionadas las alcantarillas, es factible elaborar gráficos, resúmenes estadísticos y reportes los cuales permiten brindar información sistematizada en tiempo real de las diferentes estructuras de obras de arte, que se quiera consultar. (Ver Figura 52).

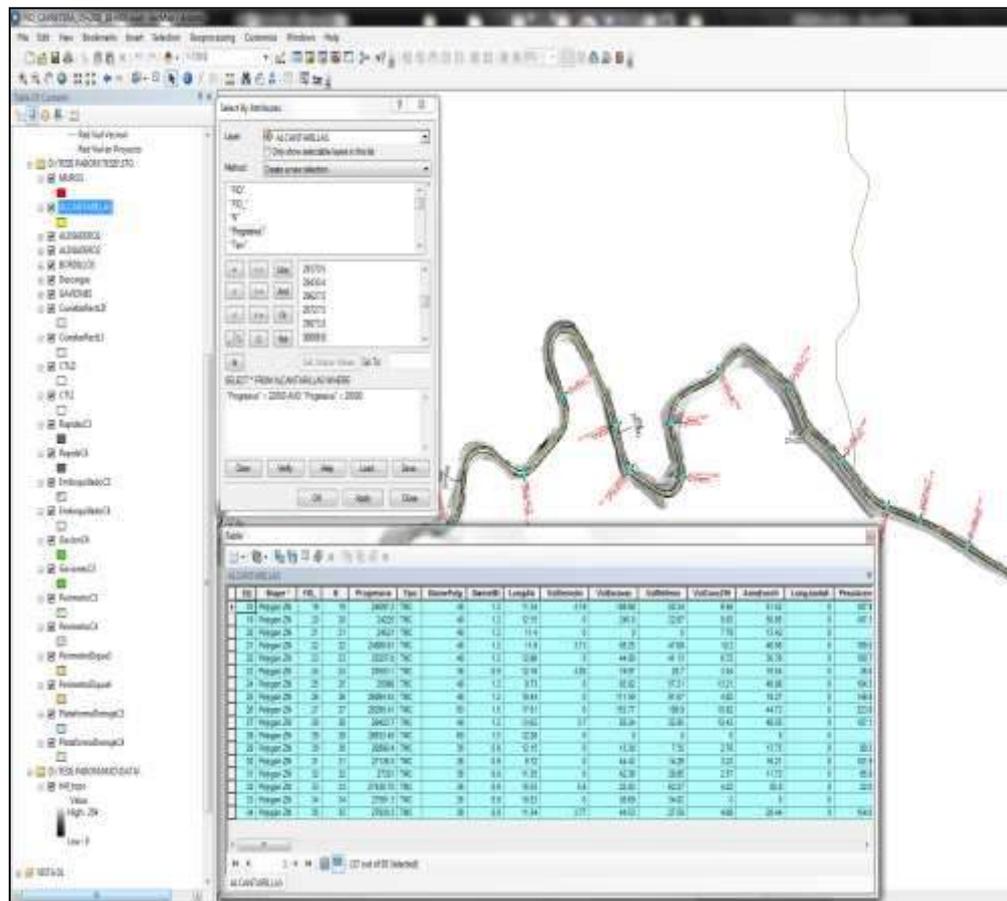


Figura 53. Herramienta de consulta.

### 6.3 Generación de Resúmenes y Reportes Estadísticos

Con la información tabular de la base de datos correspondientes a las diversas estructuras de obras de arte, se ha podido generar resúmenes y reportes estadísticos de toda la información recopilada e importada al Sistema Integrado Mapa-Base de Datos.

**De los Resúmenes Estadísticos referente a la estructura de Muros;** Se ha generado una tabla resumen de los 40 muros por ejecutor, del menú contextual del campo Ejecutor, se procedió a seleccionar Summarize, se definió el campo a resumir que es

Ejecutor y a su vez se adiciono estadística de los campos numéricos como sumatoria, finalmente se generó la respectiva tabla de resumen. (Ver Figura 53 y 54).

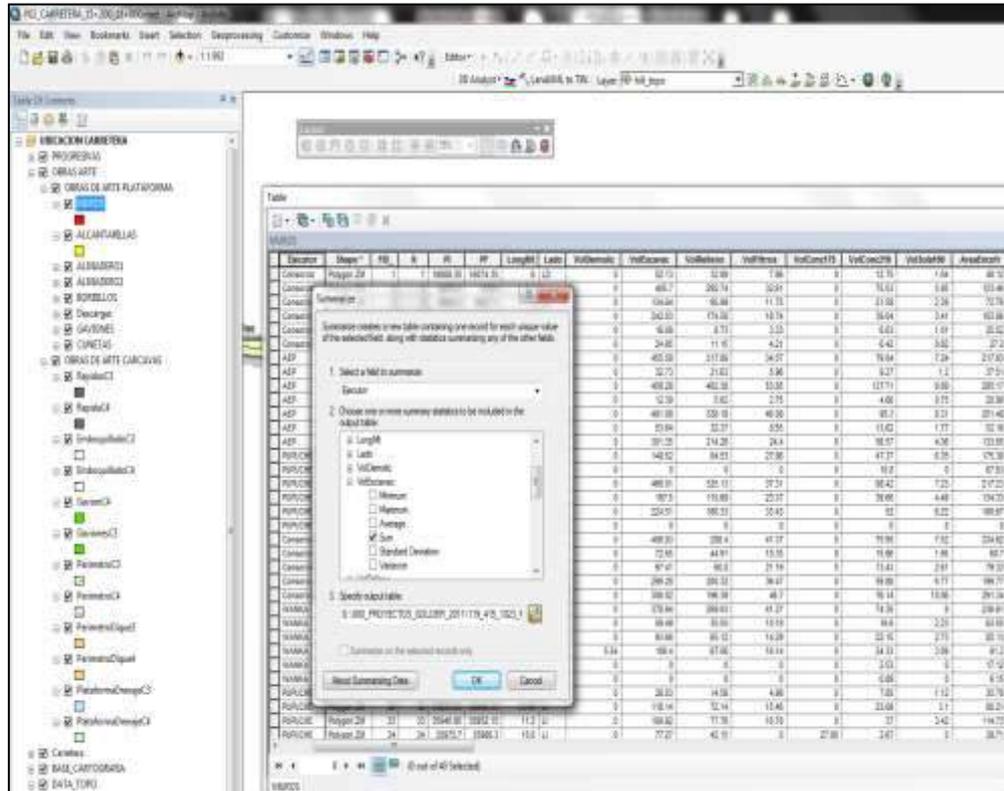


Figura 54. Herramienta de resumen.

OID	Ejecutor	Count_Ejec	Sum_VolEx	Sum_VolRe	Sum_VolFil	Sum_VolCo	Sum_VolCo	Sum_VolSo	Sum_AreaE	Sum_PesoAcero
0	AEP	11	1988.5	1528.91	201.68	0	450.18	38.51	1189.68	21458.53
1	Consortio	11	2056.93	1406.9	234.58	0	402.62	44.13	1266.68	20287.48
2	PUPUCHE	12	2518.79	1778.95	220.68	49.55	457.58	45.93	1430.98	24334.44
3	WANKA	6	636.49	436.76	81.89	0	140.85	16.85	496.76	7262.01

Figura 55. Tabla de resumen por campo Ejecutor.

En la tabla de resumen por Ejecutor, se puede apreciar que el ejecutor de las estructuras de muros, la subcontratista Pupuche es el que tiene el mayor número de muros ejecutados, los cuales son 12 de un total de 40 muros que existe en el proyecto.

Esto permite analizar y entender que la subcontratista Pupuche, es la que podría tener la mayor potencia en función al personal, alta producción y performance, no tendría restricciones en los frentes de trabajo o que podría haber cumplido un cronograma o meta asignada. Pero a su vez, se podría cuestionar su calidad en el trabajo respecto a la construcción de muros, entre otros.

Muy por el contrario la subcontratista Wanka ejecuto solo 6 muros, el cual daría a entender su poca capacidad de personal, baja producción, podría tener restricciones de trabajo y por ende no podría haber cumplido con un cronograma de ejecución de muros.

(Ver Tabla 7).

Ejecutor	N Muros	VolExc	VolRel	VolFil	VolC_210	VolSol 100	AreaEncofr	PesoAcer
AEP	11	1988.5	1528.91	201.68	450.18	38.51	1189.68	21458.53
Consortio	11	2056.93	1406.9	234.58	402.62	44.13	1266.68	20287.48
PUPUCHE	12	2518.79	1778.95	220.68	457.56	45.93	1430.98	24334.44
WANKA	6	638.49	436.76	81.89	140.85	16.05	496.76	7262.01
<b>TOTAL</b>	<b>40</b>	<b>7202.71</b>	<b>5151.52</b>	<b>738.83</b>	<b>1451.21</b>	<b>144.62</b>	<b>4384.1</b>	<b>73342.46</b>

Tabla 9. Tabla de resumen respecto al campo Ejecutor.

De la estadística asignada; Una vez generada la tabla resumen respecto a la ejecución de muros, se procedió a seleccionar la opción de Create Graph, para crear un gráfico estadístico donde se pueda mostrar un comparativo del volumen de excavación de las estructuras de muros, versus el relleno de las mismas por ejecutor, es decir de las subcontratistas que construyeron los muros. (Ver Figura 55 y 56).

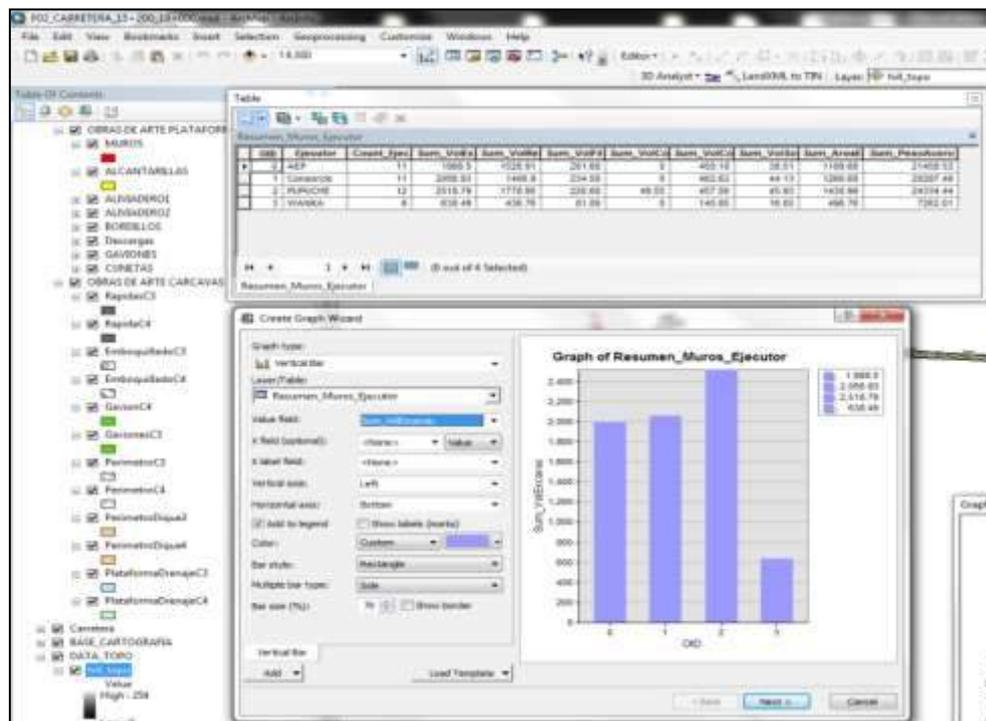


Figura 56. Configuración de Grafica Estadística Ejecutor de Muros.

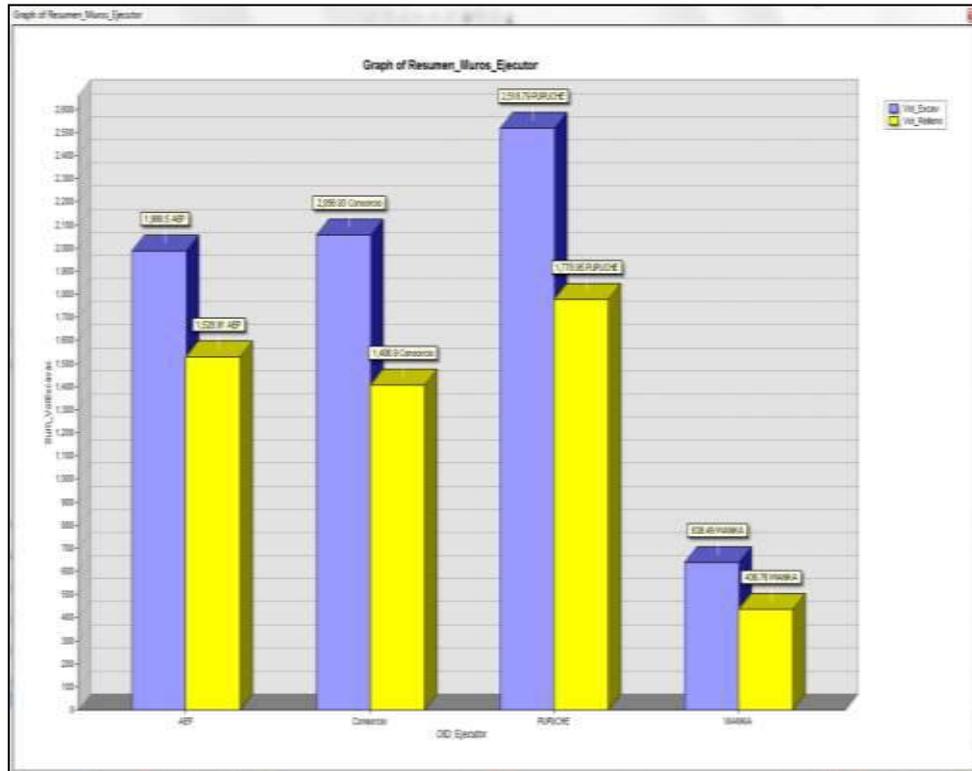


Figura 57. Grafica Estadística, Ejecutor de Muros.

**De los Reportes;** De la tabla de atributos muros, se generó el respectivo reporte de todos los muros del proyecto, agrupándolos por Ejecutor para finalmente calcular la estadística de los campos, mediante la opción Reports - CreateReports. (Ver Figura 57).

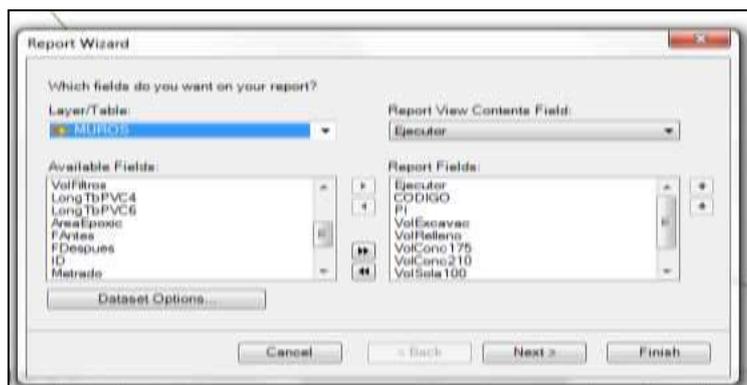
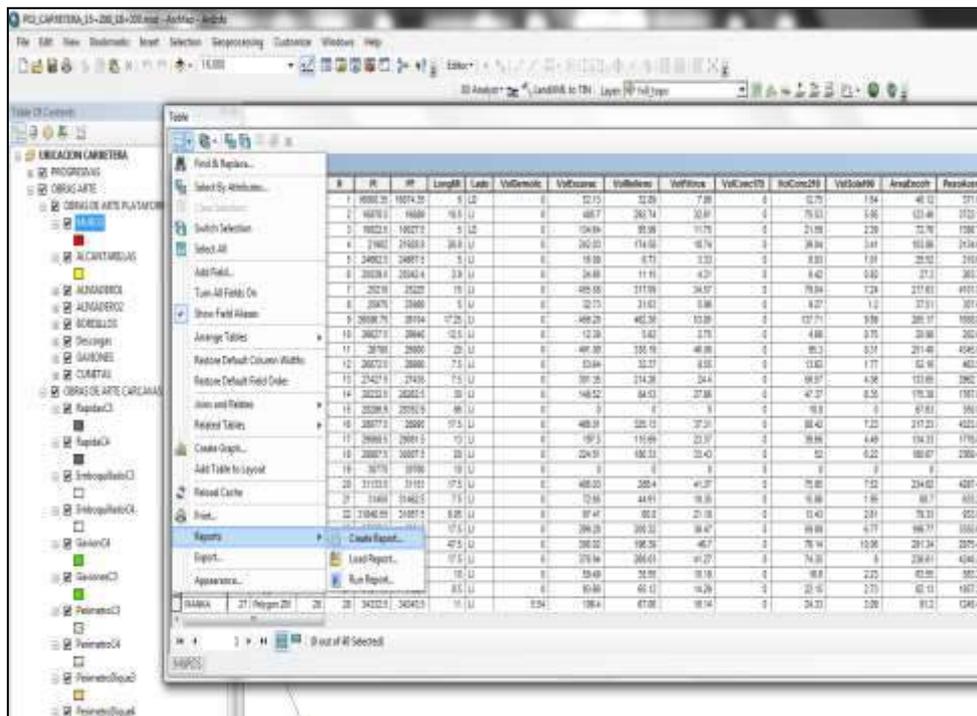


Figura 58. Configuración de Reportabilidad de Muros.

En el reporte generado de la tabla de atributos con respecto a la estructura de Muros, se puede apreciar en la cabecera el campo Ejecutor, codificación de los muros, progresivas de los mismos y todas las partidas con respecto a su construcción. A su vez figuran los subtotales de los campos numéricos por ejecutor y al final del reporte los valores totales. (Ver Figuras 58, 59 y 60).

Report Viewer - MUROS

### MUROS

Ejecutor	CODIGO	PI	VolExcavac	VolRelevo	VolCerc1	VolCerc2	VolSola10	AreaEnstr	PresAcero
<b>ASP</b>									
M-07	20210		485.34	317.09	0	79.04	7.24	217.63	4101.84
M-08	20970		32.73	21.63	0	9.27	1.2	37.91	307.67
M-09	20086.75		456.28	462.35	0	137.71	9.89	285.17	7058.87
M-10	26027.5		12.39	5.62	0	4.66	0.75	20.98	202.66
M-11	26780		491.09	338.19	0	95.3	8.31	251.48	4345.91
M-12	26872.5		33.64	32.27	0	13.62	1.77	52.16	463.55
M-13	27427.5		301.35	214.26	0	56.37	4.36	133.65	2962.74
M-37	26389.36		0	0	0	1.04	0	7.1	59.12
M-38	27171.5		29.63	19.4	0	18.1	1.17	57.04	403.6
M-39	27394.4		0	0	0	1.15	0	12.85	114.49
M-40	37315		155.82	117.97	0	33.72	3.82	114.11	1438.08
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>1985.2</b>	<b>1325.91</b>	<b>0</b>	<b>458.15</b>	<b>33.51</b>	<b>1189.68</b>	<b>21426.52</b>
<b>Construccion</b>									
M-01	18068.35		32.13	32.89	0	12.75	1.64	48.12	371.08

Figura 59. Reporte de Muros 1.

### MUROS

Ejecutor	CODIGO	PI	VolExcavac	VolRelevo	VolFiltros	VolCerc210	VolSola100	AreaEnstr	PresAcero
<b>ASP</b>									
M-07	20210		485.08	317.09	34.57	79.04	7.24	217.63	4101.84
M-08	20970		32.73	21.63	5.96	9.27	1.2	37.91	307.67
M-09	20086.75		456.28	462.35	53.89	137.71	9.89	285.17	7058.87
M-10	26027.5		12.39	5.62	2.75	4.66	0.75	20.98	202.66
M-11	26780		491.09	338.19	46.08	95.3	8.31	251.48	4345.91
M-12	26872.5		33.64	32.27	8.55	13.62	1.77	52.16	463.55
M-13	27427.5		301.35	214.26	24.4	56.37	4.36	133.65	2962.74
M-37	26389.36		0	0	0	1.04	0	7.1	59.12
M-38	27171.5		29.63	19.4	5.54	18.1	1.17	57.04	403.6
M-39	27394.4		0	0	0	1.15	0	12.85	114.49
M-40	37315		155.82	117.97	19.98	33.72	3.82	114.11	1438.08
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>1985.2</b>	<b>1325.91</b>	<b>291.65</b>	<b>458.15</b>	<b>33.51</b>	<b>1189.68</b>	<b>21426.52</b>
<b>Construccion</b>									
M-01	18068.35		32.13	32.89	7.86	12.75	1.64	48.12	371.08
M-02	18978.5		405.7	292.74	32.61	70.53	5.96	123.46	3723.15
M-03	19022.5		134.64	95.99	11.75	21.59	2.39	72.78	1390.72
M-04	21902		242.03	174.55	18.74	39.04	3.41	103.86	2134.67
M-05	24682.5		16.09	8.75	3.33	6.03	1.01	25.32	218.66
M-06	25039.5		24.96	11.15	4.21	6.42	0.82	27.2	263.34
M-20	31133.5		496.03	388.4	41.37	70.95	7.52	234.62	4287.47
M-21	31435		72.65	44.91	10.35	15.96	1.96	60.7	633.22
M-22	31848.55		97.41	60.8	21.19	13.43	2.61	79.33	933.99
M-23	32257.5		299.29	200.32	36.47	59.88	6.77	199.77	3355.69
M-24	35440		306.02	196.39	46.7	76.14	10.06	291.34	2975.48
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>2916.35</b>	<b>1496.8</b>	<b>234.55</b>	<b>492.82</b>	<b>61.13</b>	<b>1266.68</b>	<b>28257.45</b>

Page 1 of 2

Figura 60. Reporte de Muros 2.

Ejecutor	CODIGO	PI	ValExercer	ValBafinos	ValFiltros	ValCana210	ValSola100	AreaEneofr	PasaAeros
<b>PUPUCHE</b>									
	M-14	28232.5	148.02	84.33	27.96	47.37	6.35	175.38	1767.06
	M-15	28296.8	0	0	0	20.5	0	67.63	350.88
	M-16	28977.5	486.81	333.13	37.31	88.42	7.23	217.23	4323.89
	M-17	29065.5	197.5	115.69	23.37	39.66	4.49	134.33	1778.07
	M-18	29887.5	234.51	180.33	33.43	52	6.22	180.67	2389.43
	M-19	30770	0	0	0	0	0	0	0
	M-21	35135.5	28.03	14.58	4.95	7.85	1.12	35.78	324.79
	M-22	35835.05	118.14	72.14	13.46	23.69	3.1	90.21	1046.8
	M-23	35940.95	109.92	77.76	16.78	37	3.42	114.73	1377.09
	M-24	36872.7	77.27	43.15	9	2.67	0	39.71	78.23
	M-25	38027.1	0	0	0	5.11	0	34.47	172.18
	M-26	38102.5	1150.89	896.64	87.49	142.99	14	340.94	10746.02
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>2515.78</b>	<b>1778.95</b>	<b>228.68</b>	<b>457.54</b>	<b>43.83</b>	<b>1438.96</b>	<b>24331.44</b>
<b>WANEA</b>									
	M-25	33688	378.94	289.03	41.27	74.35	8	236.61	4240.34
	M-26	34127.5	59.49	35.55	10.19	16.6	2.23	63.55	583.23
	M-27	34211.5	93.66	65.12	14.29	22.13	2.73	82.13	1057.27
	M-28	34332.5	106.4	67.06	16.14	24.33	3.09	91.2	1245.45
	M-29	34595.12	0	0	0	2.53	0	17.12	91.6
	M-30	34855	0	0	0	0.89	0	6.15	43.22
<b>Sub Totales por Ejecutor</b>			<b>638.49</b>	<b>434.76</b>	<b>61.89</b>	<b>148.35</b>	<b>14.85</b>	<b>496.76</b>	<b>7382.91</b>
<b>Totales</b>			<b>7282.71</b>	<b>5151.52</b>	<b>738.83</b>	<b>1651.21</b>	<b>144.82</b>	<b>4384.1</b>	<b>73342.66</b>

Figura 61. Reporte de Muros 3.

## 6.4 Resultados del Procesamiento de Imágenes

Para el presente estudio se analizaron 2 imágenes, las cuales son:

1- LANDSAT-TM, capturada el 13/11/1986.

2- ASTER, capturada el 16/08/2009.

Estas imágenes fueron georeferenciadas en base a puntos de control, (UTM-Zona 18S, WGS 84).

Posteriormente las imágenes fueron recortadas en base a las siguientes coordenadas:

Punto superior izquierdo: E: 394853.2500, N: 8986397.7500

Punto inferior derecho: E: 404229.7500, N: 8982806.7500.

En la siguiente figura, se muestra el área recortada y las cárcavas en estudio. (Ver Figura 61).

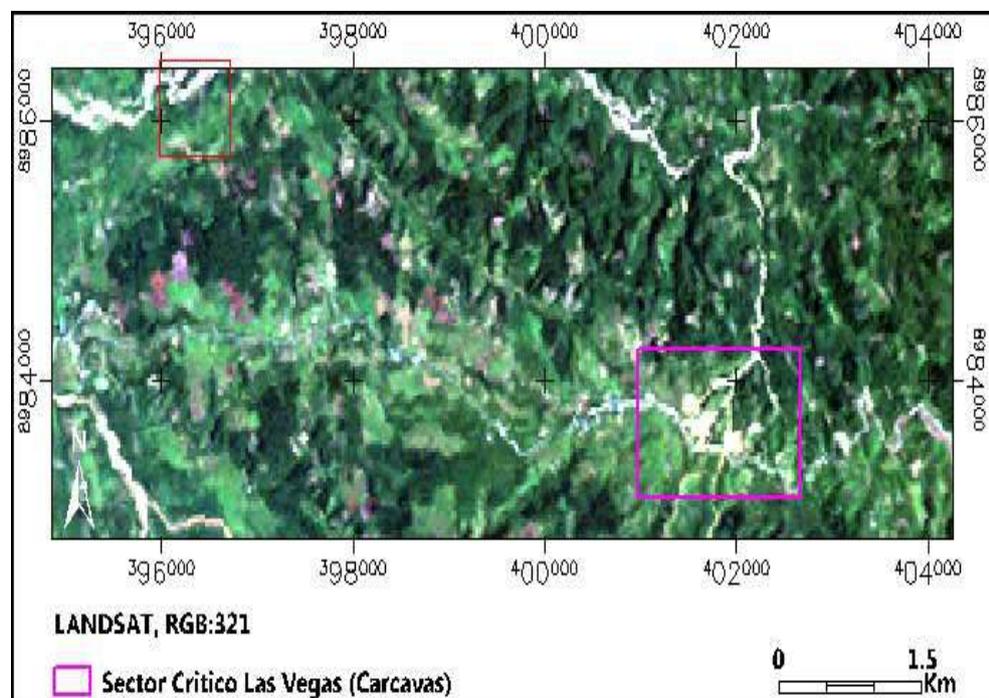


Figura 62. Sector crítico Las Vegas.

#### 6.4.1 EL NDVI

El NDVI muestra las áreas de cobertura vegetal en tonos claros y otros materiales como el suelo y la hidrografía en tonos oscuros.

El NDVI que se obtuvo con la imagen LANDSAT, posee valores entre -0.54 a 0.76. El umbral que se usó para separar la cobertura vegetal de otros materiales fue el 0.5 al máximo valor.

Esta área fue exportada a formato vectorial, para el cálculo del área de cobertura vegetal (29.48 Km<sup>2</sup>).

El NDVI obtenido con la imagen ASTER, posee valores entre -0.13 a 0.61.

En este caso el umbral seleccionado para separar la cobertura vegetal de otros materiales fue de 0.36. El área de cobertura vegetal es de 27.71 Km<sup>2</sup>.

Si comparamos visualmente los NDVI calculados de las imágenes procedentes de LANDSAT y ASTER, se puede observar que las áreas de cárcavas se ven en tonalidad oscura y que la imagen ASTER tiene mayor área oscura que la imagen procedente de LANDSAT, por ende mayor área de encarcavamiento en función al tiempo (Ver Figura 62 y 63).

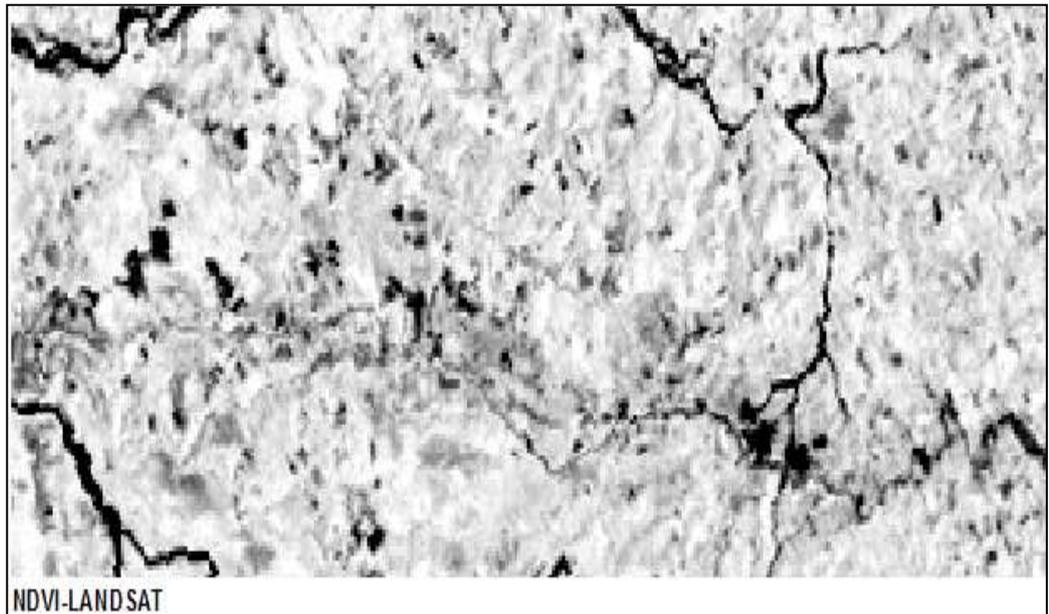


Fig. 63. Área de cárcava menor. NDVI LANDSAT.

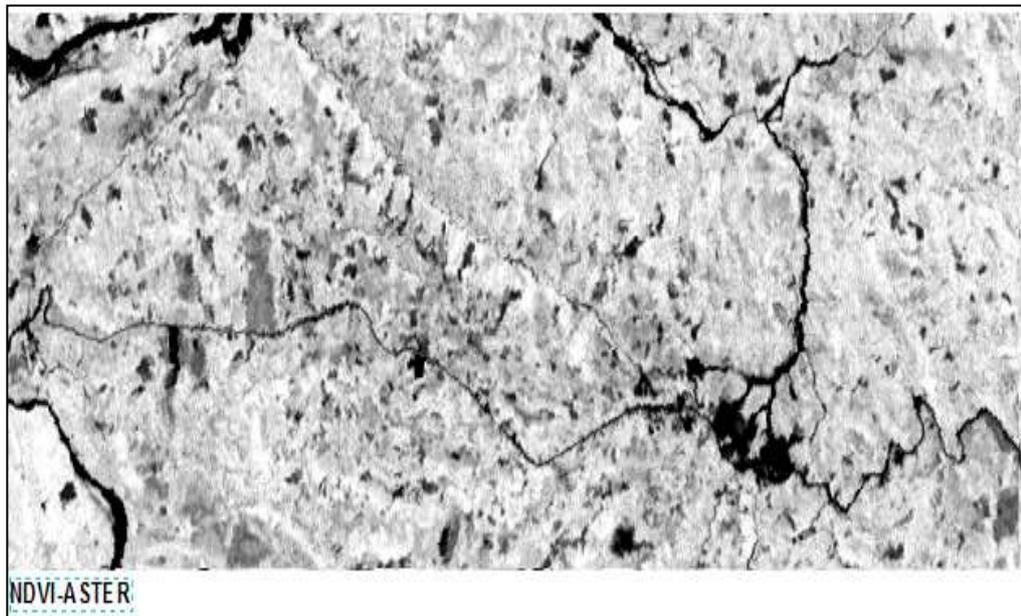


Fig. 64. Mayor área en cárcavas. NDVI ASTER.

#### 6.4.2 RESULTADOS DE CAMBIOS

En el presente estudio se obtuvieron los siguientes cambios visuales con respecto a la zona representada, el cual es el sector crítico las vegas, zona de encarcavamiento.

En LANDSAT, se puede observar las zonas de poca vegetación en tonos rosados que coincide con el resultado del NDVI, además también se puede apreciar los cursos de agua en color azul. (Ver Figura 64).

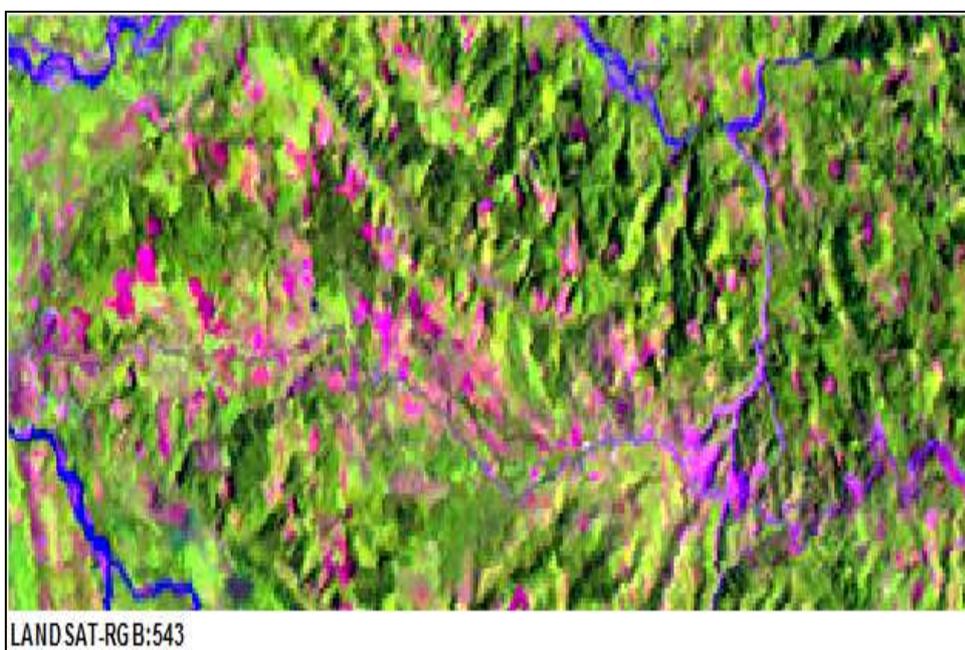


Fig. 65. Resultado de cambios en LANDSAT.

En ASTER, se aprecia las zonas de poca vegetación en color celeste que coincide también con el resultado de su NDVI, además se puede apreciar también los cursos de agua en color azul y celeste. (Ver Figura 65).

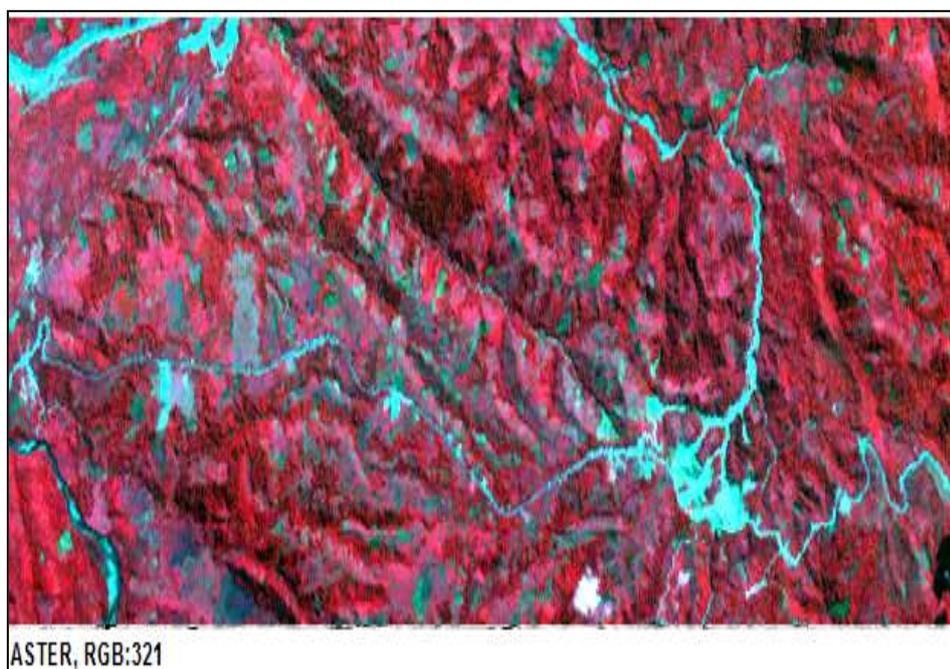


Fig. 66. Resultado de cambios en ASTER.

Cabe resaltar que la zona crítica de mayor área de cárcavamiento, muestra una mínima cobertura vegetal, además de tener alta filtración de agua debido a las lluvias intensas.

#### **6.4.3. RESULTADO DE LA CLASIFICACION DE EVALUACION DE CARCAVAS**

##### **Análisis de componentes principales.**

En el presente estudio se aplicó el Método de Análisis de Componentes Principales a las bandas; Verde, rojo e infrarrojo cercano. Se obtuvo tres componentes, la componente 3 es la más interesante para la identificación de cárcavas, ya que éstas se muestran en tonos claros. En

el componente 3 de la imagen ASTER, se puede apreciar cómo se ha incrementado la extensión de la cárcava con respecto al año 1984, comparado visualmente los resultados del NDVI obtenidos con LANDSAT (1984) y ASTER (2009). (Ver Figura 66 y 67).

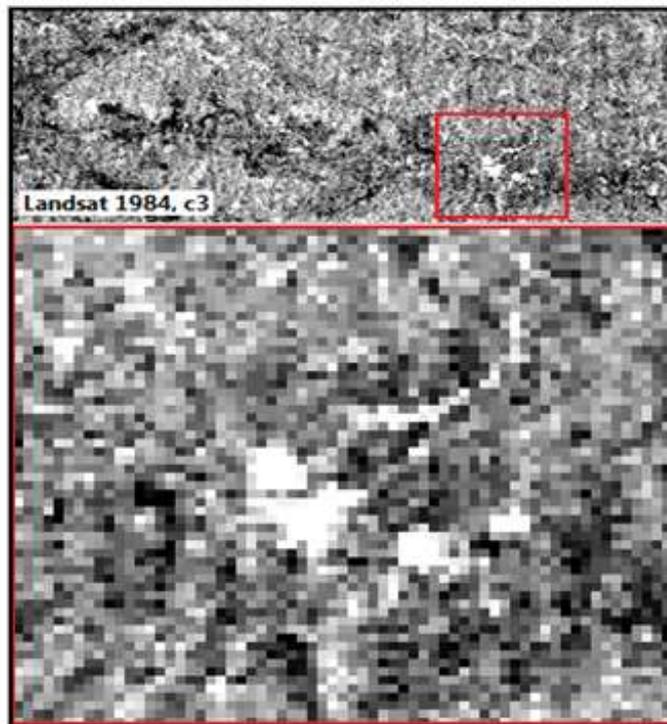


Fig. 67. Resultado PC3 del análisis de componentes principales en Landsat (1984).

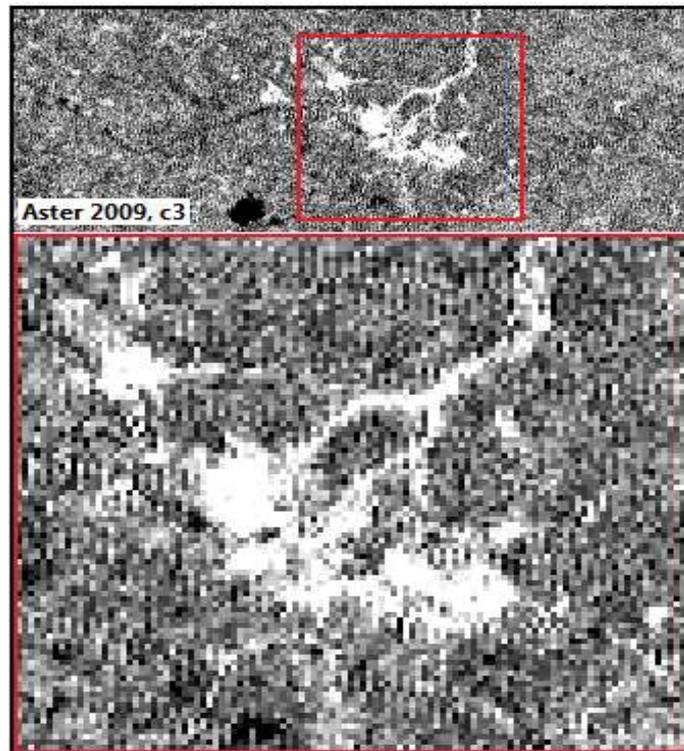


Fig. 68. Resultado PC3 del análisis de componentes principales en Aster (2009).

## 6.5 Generación de Mapas Temáticos

Los mapas temáticos en general están diseñados para mostrar de manera sencilla y clara, conceptos particulares sobre un tema.

En el presente estudio, desde el Sistema Integrado Mapa-Base de Datos, aplicado a la gestión de las estructuras de obras de arte, se elaboraron diferentes mapas temáticos, en donde se resalta las zonas y estructuras de mayor interés e importancia, ubicando éstas a lo largo de la carretera, esta representación cartográfica viene representada con diferente simbología, dependiendo de las diferentes estructuras de concreto que se tiene en el proyecto.

A continuación se muestra el plano temático de un conjunto de estructuras tales como; la alcantarilla, muro cabezal, los aliviaderos de entrada y salida respectivamente. (Ver Figura 68).

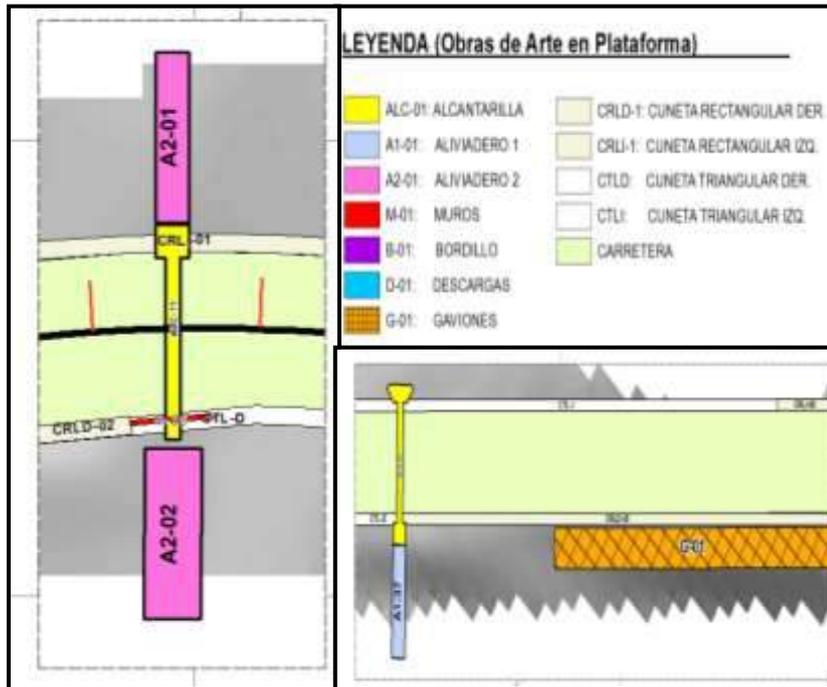


Figura 69. Mapa Temático.

Para el presente Sistema Integrado Mapa-Base de Datos, se elaboraron 10 mapas temáticos, a continuación la lista de mapas generados. (Ver Tabla N° 10)

N	MAPA TEMÁTICO
1	P01_UBICACIÓN_CARRETERA.mxd
2	P02_CARRETERA_15+200_18+000.mxd
3	P03_CARRETERA_18+000_21+000 .mxd
4	P04_CARRETERA_21+000_23+000.mxd
5	P05_CARRETERA_23+000_24+000.mxd
6	P06_CARRETERA_24+000_27+000.mxd
7	P07_CARRETERA_27+000_29+000.mxd
8	P08_CARRETERA_29+000_31+000.mxd
9	P09_CARRETERA_31+000_34+000.mxd
10	P10_CARRETERA_34+000_38+000.mxd

Tabla 10. Lista de Mapas Temáticos.

En la vista layout, se generaron los mapas temáticos con plantillas de los mapas donde se almacenaron las diferentes representaciones y elementos cartográficos.

A continuación se muestra los planos temáticos generados desde el sistema integrado mapa - base de datos, los cuales han sido sectorizados por cada Kilómetro del proyecto, con la finalidad de tener un ordenamiento en las diversas estructuras de obras de arte, de manera que se pueda agrupar y/o filtrar las diferentes estructuras del proyecto en un determinado sector o kilómetro.

En las gráficas a continuación se aprecia un determinado número de alcantarillas, estructuras de salida y entrada (aliviaderos) y muros cabezales, todos estos alineados a lo largo del kilómetro sectorizado en planta y georreferenciado por progresiva, además se visualiza ventanas, las cuales muestran un detalle más minucioso y claro. (Ver Figura 69, 70, 71, 72 y 73).

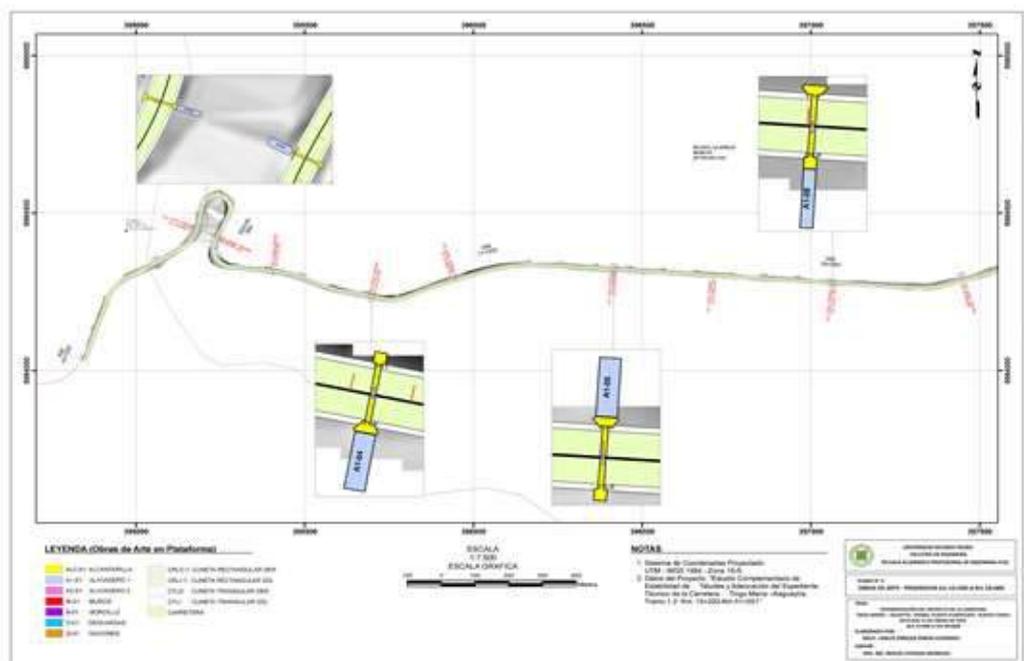


Figura 70. Mapa Temático del Kilómetro 15+200 al Km 18+000.

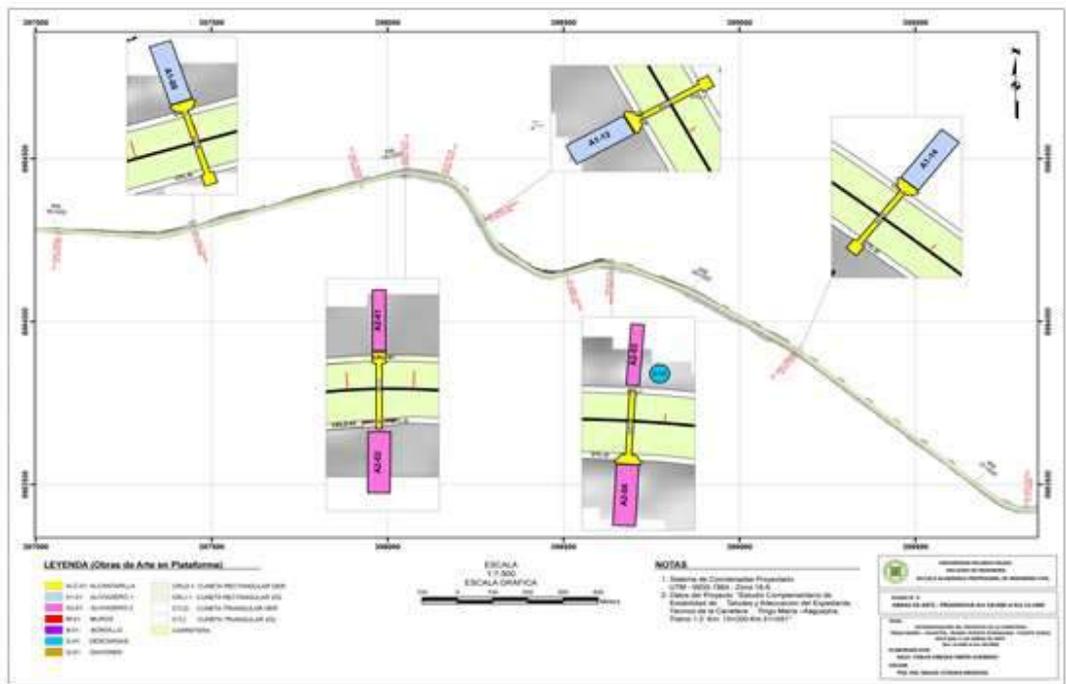


Figura 71. Mapa Temático del Kilómetro 18+000 al Km 21+000.

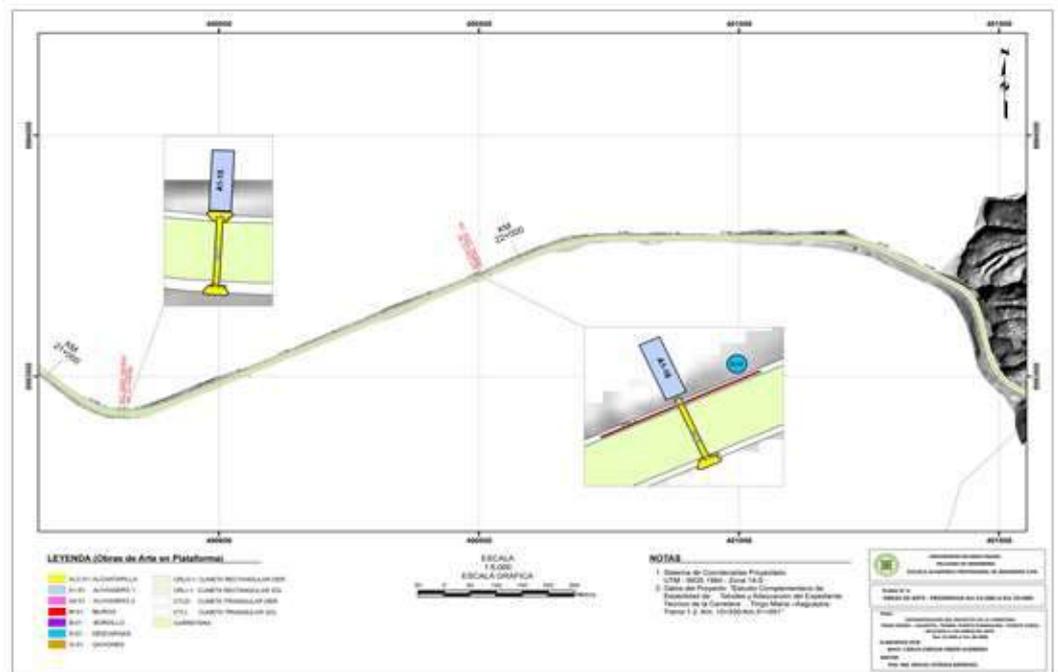


Figura 72. Mapa Temático del Kilómetro 21+000 al Km 23+000.

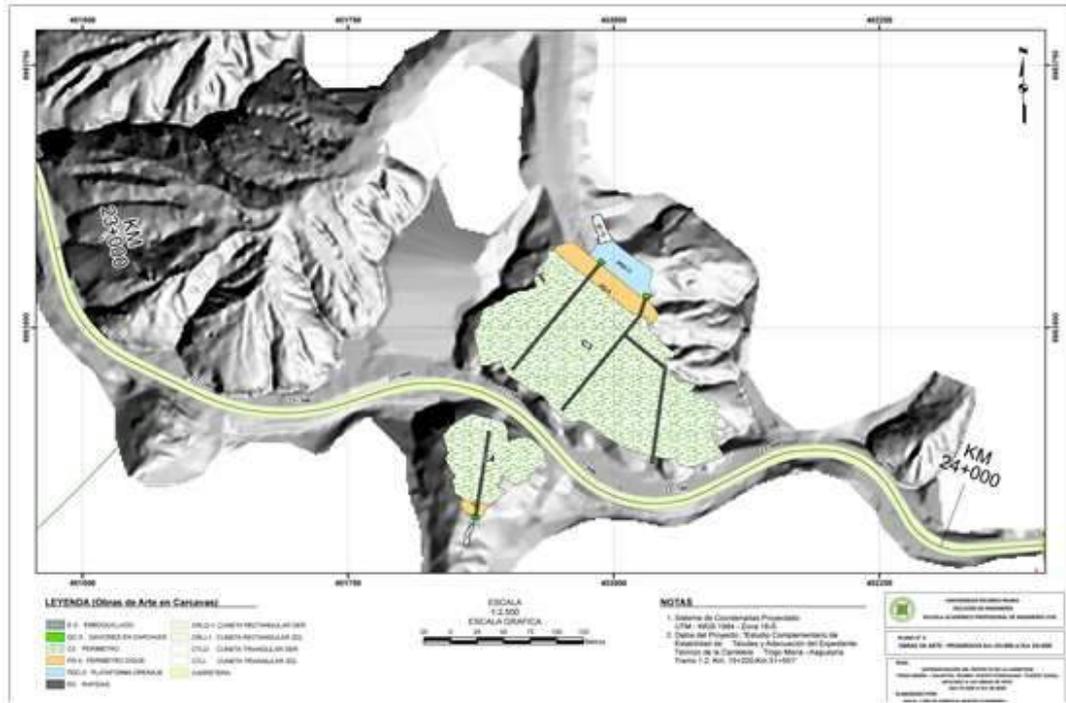


Figura 73. Mapa Temático del Kilómetro 23+000 al Km 24+000.

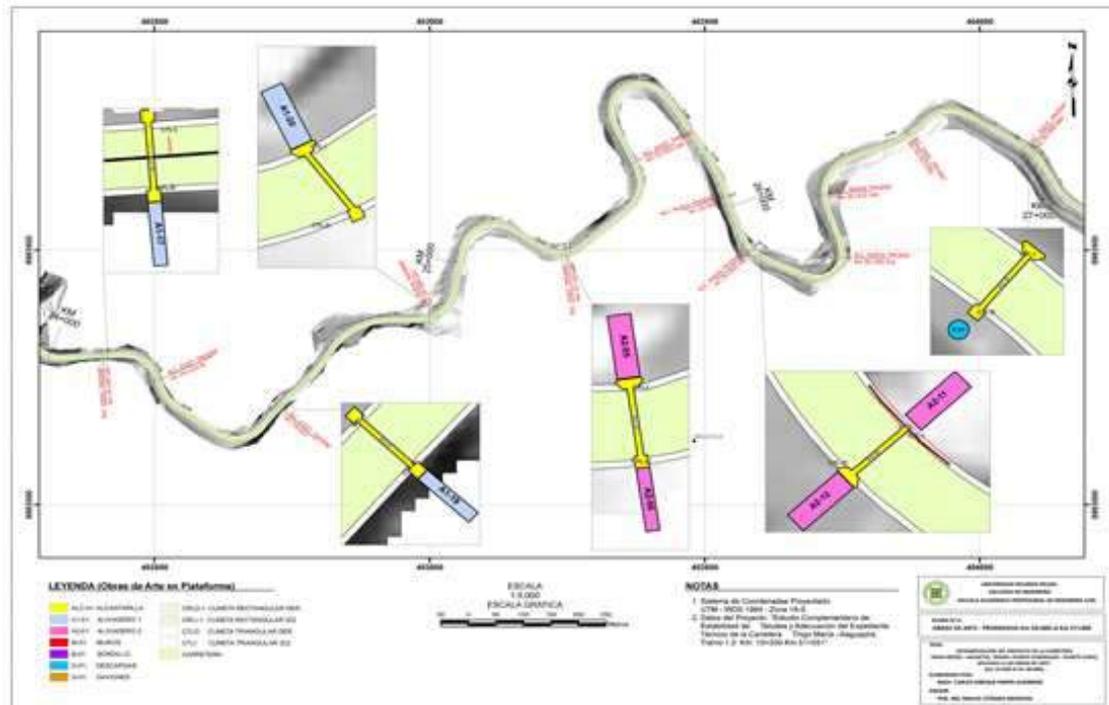


Figura 74. Mapa Temático del Kilómetro 24+000 al Km 27+000.

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

1. Se ha elaborado un Sistema Integrado Mapa-Base de Datos, el cual proporciona la ubicación, descripción, clasificación y monitoreo en tiempo real de las diversas estructuras de las obras de arte, de manera sistematizada y óptima, facilitando la toma de decisiones y contribuyendo a la administración y gestión del proyecto vial.
2. En el presente estudio se ha logrado manejar y administrar la información de los datos físicos del proyecto vial, en forma digital y/o computarizada de manera que se pueda incluir, no solo la ubicación geográfica de las distintas estructuras de obras de arte del proyecto, sino también tener vinculado a estos, los datos o características en tiempo real, así como en el término de obra.
3. Se implementa un Plan de Desarrollo del Sistema de Gestión, el cual podrá establecer una secuencia ordenada y óptima durante la gestión de las obras de arte, mediante un conjunto de procesos, durante la fase de inicio, construcción y cierre del proyecto vial, estos procesos iterativos son la recolección, almacenamiento y estructuración, integración, consulta y análisis y finalmente la producción de entregables.

4. Se ha logrado identificar y ubicar las zonas críticas, tales como posibles sectores de formación de cárcavas, taludes inestables, zonas de alta filtración de agua y desprendimientos de plataforma, mediante el procesamiento digital de imágenes de satélite.
  
5. El sistema propuesto actualiza la información acerca del estado de las estructuras de obras de arte de la carretera, resuelve consultas y proporciona reportabilidad, fundamental para el correcto cierre del proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar este Plan de Desarrollo del Sistema de Gestión, para la gestión y administración de las obras de arte, en los proyectos viales.
2. No solo debería implementarse este Plan de Desarrollo del Sistema de Gestión, bajo la gestión de las obras de arte, sino también a diversas áreas de construcción de carreteras, como son las explanaciones, transporte, pavimentos, gestión de calidad, entre otras áreas.
3. Es recomendable hacer de este Plan de Desarrollo del Sistema de Gestión, un importante activo de la empresa, con procedimientos oficiales y estandarizados, cuando se ejecute una obra vial de gran envergadura.
4. Se recomienda implementar este Plan de Desarrollo del Sistema de Gestión, para las concesionarias, así como las organizaciones encargados de supervisarlas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/conceptosbasicosmfluidos/socavacion/socavacion.html>
2. <http://es.wikipedia.org/wiki/Socavaci%C3%B3n>
3. <http://www.rena.edu.ve/primeretaeta/ciudadania/derrumbes.html>
4. [http://es.wikipedia.org/wiki/Plano\\_\(cartograf%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Plano_(cartograf%C3%ADa))
5. [http://es.wikipedia.org/wiki/Landsat\\_7](http://es.wikipedia.org/wiki/Landsat_7)
6. <http://mapitas34.sitiosprodigy.com.mx/Curso%20Basico%20de%20Cartografia.doc>
7. <http://www.imarpe.gob.pe/argen/adc/sig/sig.html>
8. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Informaci%C3%B3n\\_Geogr%C3%A1fica](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica)
9. <http://es.wikipedia.org/wiki/Fotogrametr%C3%ADa>
10. <http://html.rincondelvago.com/fotogrametria.html>
11. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Informaci%C3%B3n\\_Geogr%C3%A1fica](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Informaci%C3%B3n_Geogr%C3%A1fica)
12. <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml> (importante para preguntas en tesis)
13. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/mdt/GTS/Zonaedu/GIS3htm.htm>
14. <http://es.scribd.com/doc/62462965/3/Sistema-de-Gestion-de-Infraestructura-Vial>
15. <http://mejoratugestion.com/mejora-tu-gestion/que-es-un-sistema-de-gestion/>

16. <http://www.bsigroup.com.mx/es-mx/Auditoria-y-Certificacion/Sistemas-de-Gestion/De-un-vistazo/Que-son-los-sistemas-de-gestion/>
17. [http://www.aecarretera.com/aec\\_tv/284/1.asp](http://www.aecarretera.com/aec_tv/284/1.asp)
18. <http://www.fortytwo.es/web/items/250/616/sistema-de-gestion-web-de-carreteras-de-iternova>
19. <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7748/1/manual%20de%20gestion%20integral%20y%20procedimientos.pdf>
20. [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa\\_t%C3%A9cnica\\_integraci%C3%B3n.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_integraci%C3%B3n.pdf)
21. <http://es.wikipedia.org/wiki/Multimedia>
22. <http://es.wikipedia.org/wiki/Shapefile>
23. [http://www.geogra.uah.es/gisweb/practica-vectorial/Formato\\_Shapefile.htm](http://www.geogra.uah.es/gisweb/practica-vectorial/Formato_Shapefile.htm)
24. <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/ch10.htm>