



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE INGENIERÍA PARA EVITAR EL ARENAMIENTO EN UNA CARRETERA

Julio Becerra-García

Lima, febrero de 2013

FACULTAD DE INGENIERÍA

Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial

Becerra, J. (2013). *Comparación técnica y económica de ingeniería para evitar el arenamiento en una carretera* (Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA MÁSTER EN INGENIERÍA CIVIL CON
MENCIÓN EN INGENIERÍA VIAL



“COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE INGENIERÍA PARA
EVITAR EL ARENAMIENTO EN UNA CARRETERA”

Tesis para optar el Grado de Máster en Ingeniería Civil

Julio Germán Becerra García

Asesor: Ing. Germán Gallardo Zevallos

Lima, Febrero 2013

A mi esposa e hijos que supieron apoyarme e impulsaron en mí, cumplir con esta etapa.

Prólogo

En este trabajo se describen las acciones realizadas para solucionar el problema del arenamiento en carreteras asfaltadas de un sector de la Panamericana Sur, que se da sobre todo en aquellas que tienen su trazo paralelo y adyacente a la costa peruana y están muy próximas a la playa, originando no solo que la transitabilidad sea restringida y muchas veces limitada, sino inseguridad en el tránsito de los vehículos y usuarios de la carretera, que requieren de una comunicación constante y oportuna.

El meollo del tema de la tesis consiste en describir algunas posibles alternativas de solución, que han sido probadas experimentalmente en campo, para luego, desde el punto de vista de la Ingeniería, elegir una como la más óptima, en la que se usen recursos que hay en la misma zona, que permitan resolver el problema a un menor costo y en un menor plazo.

Para ello, inicialmente damos a conocer un esquema general del proyecto, donde se contempla la situación inicial relacionada con el mantenimiento de la carretera, para luego describir, por niveles de servicio, las circunstancias actuales de la misma.

Más adelante, planteamos las posibles alternativas de solución de Ingeniería, con el fin de encontrar y describir aquella más óptima, y finalmente concluir analizando a fondo la elegida, efectuando la evaluación de los costos, y la comparación económica que resulta de usar equipos pesados y recursos de la misma zona.

Resumen

Este trabajo plantea una solución al problema de arenamiento de las carreteras, el cual generalmente se da en las que tienen un trazo paralelo y adyacente a la orilla del mar.

Esto ocurre en nuestro país, sobre todo en muchos lugares del litoral peruano. En esta investigación nos vamos a enfocar en concreto en un lugar denominado Tanaka, que se ubica en el kilómetro 583 de la carretera Panamericana Sur, en donde actualmente se realiza mantenimiento por niveles de servicio, con una empresa contratada por PROVIAS NACIONAL, organismo ejecutor de proyectos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

La presente tesis es por un lado descriptiva, pues a través de fotografías se ilustra la metodología empleada para solucionar el problema, y por otro lado es comparativa principalmente en el aspecto de costos pues analizamos el uso de equipos involucrados para el control del arenamiento.

Considero importante, aportar con este trabajo un adecuado nivel de mantenimiento de las carreteras de nuestro país, que son el patrimonio de todos los usuarios de la misma.

Índice general

Introducción

Capítulo 1: Problema de arenamiento en Tanaka

1.1 Generalidades y antecedentes	3
1.2 Descripción del proyecto planteado	4
1.3 Datos generales del tramo de mantenimiento	6
1.4 Contrato de mantenimiento por niveles de servicio	8
1.5 Descripción del sub-tramo a desarrollar el proyecto	10
1.6 El problema a solucionar	11
1.6.1 Arenamientos	11
1.6.2 Causas	11
1.6.3 Ocurrencias	11
1.6.4 Acciones preventivas	12

Capítulo 2: Soluciones de Ingeniería utilizadas

2.1 Soluciones de Ingeniería	25
2.1.1 Uso de equipo pesado	26
2.1.2 Riego y forestación del área analizada con agua del río	28
2.1.3 Riego con agua de mar y forestación	30
2.1.4 Traslado de arena del lado oeste al lado este	31
2.1.5 Cortinas de agua	33
2.1.6 Modificación del trazo de la carretera	34
2.2 Evaluación de alternativas	35
2.3 Propuesta a evaluar	37
2.4 Factores influyentes de la zona	39
2.5 Descripción de la solución adoptada	41
2.6 Análisis de la solución planteada	47

Capítulo 3: Evaluación de resultados

3.1 Evolución de los costos de mantenimiento	55
3.2 Costos de la mitigación	60
3.3 Comparación de gastos	66
3.4 Necesidad de adoptar la solución planteada	67

Conclusiones

71

Anexos

Introducción

Por muchos años, el sector denominado Tanaka, en el kilómetro 578 al 583, de la carretera Panamericana Sur, ha sido nombrado por los choferes y usuarios como sinónimo de atascamiento y pérdida de tiempo por los constantes arenamientos que se producían en esta zona, lo que involucraba, en muchos casos, la pérdida del trazo de la plataforma y como consecuencia impedía el normal tránsito vehicular normal.

El arenamiento que se da en ese lugar, por la proximidad de la carretera hacia la playa, que se encuentra a menos de 150 metros y a 15 metros sobre el nivel del mar, se produce porque los vientos y/o ventiscas del aire son constantes, haciendo que la arena de mar invada la carretera, hasta formar peligrosas dunas que en muchos casos provocan accidentes.

En varias ocasiones, durante la noche, los vehículos se salían de la calzada, ya que se perdía el trazo por el arenamiento, habiendo serios conflictos para sobrepasar las dunas que se formaban. Por lo indicado, una de las primeras tareas que se le encargó al contratista-conservador, que se hizo cargo del mantenimiento a partir del año 2010, fue la de controlar completamente el arenamiento de ese sector.

Las primeras acciones, consistieron en utilizar equipo pesado como tractores con orugas y cargadores frontales, para mitigar y controlar el volumen de arena de la proximidad de la calzada, habilitando para ello un sector libre de unos 80 metros de ancho, a lo largo de los 5 kilómetros críticos. Ello implicó un costo operativo alto para esta empresa, por lo que se buscaron alternativas, utilizando recursos del lugar para disminuir los gastos.

El presente trabajo hace una descripción de las alternativas, utilizando riego por aspersión con agua de mar, pozas sectorizadas y la creación de cortinas de agua que mantienen la arena mojada en dunas paralelas a la calzada y minimizando que el viento traslade material hacia la misma. Esto con el fin de reducir el gasto en el uso de equipos, que se sustenta en esta investigación.

Capítulo 1

Problema de arenamiento en Tanaka

1.1 Generalidades y antecedentes

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través del proyecto especial de infraestructura del transporte nacional PROVIAS NACIONAL, ha implementado la política nacional del sector transportes”, aprobada por Resolución Ministerial No. 817-2006-MTC/09, tomando la decisión de tercerizar la conservación de la red vial nacional por niveles de servicio.

El proyecto especial de infraestructura de transporte nacional, con PROVIAS NACIONAL, que es el organismo público descentralizado de gestión de carreteras, asume los derechos y obligaciones del programa rehabilitación de transportes, el cual tiene por finalidad el mantenimiento, conservación y mejoramiento de las carreteras asfaltadas de la red vial nacional.

Los contratos de conservación vial por niveles de servicio tiene como objetivo general alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad de la red vial nacional a través de la ejecución permanente de actividades de mantenimiento rutinario, reparaciones menores, relevamiento de información y atención de emergencias viales, mediante la contratación de servicios de conservación vial por niveles de servicio con plazos a cinco años.

Bajo este sistema se desarrolla una cultura preventiva, que evita el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa, en la práctica, actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

Con fecha 11.03.2010 se convoca el concurso público No. 0003-2009-MTC/20 para el servicio de conservación por niveles de servicio de la carretera: Guadalupe – Ica – Palpa- Ático. El 18.03.2010, se adjudica la buena pro consentida a una empresa de mantenimiento y el 15.04.2010 se firma un contrato de servicios No. 082-2010-MTC. El 31.05.2010 y se realiza la entrega de áreas y bienes de la carretera: Guadalupe – Ica – Palpa – Ático (379.78 kilómetros) para el 01.06.2010 dar inicio al contrato de conservación por niveles de servicio.

La finalidad del contrato es asegurar la transitabilidad permanente de la carretera de acuerdo a estándares base que permitan el tráfico continuo y seguro de vehículos de

pasajeros y carga, estableciendo un conjunto de actividades operativas y de gestión que deben garantizar un adecuado nivel de servicio orientado a implementar un sistema de gestión de carreteras más eficiente.

1.2 Descripción del proyecto planteado

En el tramo objeto de este contrato, se ubica un sector de la carretera Panamericana (Km. 578-583), denominado Tanaka, en donde por muchos años, la carretera se ha visto afectada por el arenamiento que se da por los vientos que trasladan arena de oeste a este, ocasionando serios problemas en el tránsito vehicular

Una de las responsabilidades de PROVIAS NACIONAL es dar mantenimiento a la carretera Panamericana, en donde se suscita este problema, el cual ha sido por muchos años atendido por administración directa con equipos que involucraban gastos constantes en combustibles, lubricantes, repuestos y mano de obra, lo cual se agravaba por la antigüedad de la maquinaria utilizada. Las siguientes imágenes dan cuenta del estado en que se encontraba ese sector antes del año 2010.



Foto 1.1 - Formación de dunas en carretera



Foto 1.2 – Arenamiento en bermas y carpeta. Estado de carpeta deteriorada por la arena.

En el año 2010, PROVIAS NACIONAL, a través del contrato 082-2010-MTC/20, licitó el mantenimiento por niveles de servicio del tramo: Guadalupe– Ica – Palpa – Ático, en el cual participó y ganó una empresa de mantenimiento, que se encargará de los trabajos de conservación de la carretera desde Junio de ese año hasta el año 2015. Dicha empresa, inicia las actividades a fin de asegurar la transitabilidad permanente de la misma, de acuerdo a estándares base que permitan el tráfico continuo y seguro de vehículos de pasajeros y carga, estableciéndose el uso de equipos de manera constante con el fin de garantizar un adecuado nivel de servicio.

Antes del año 2010, los costos operativos para dar mantenimiento al sector de 5 Km. adyacente a Tanaka, para que tenga el mínimo de arena y permita transitabilidad restringida, era de 30 mil soles mensuales, con los equipos propios de PROVIAS NACIONAL, los cuales se incrementaron posteriormente, a partir de Junio del año 2010, con el fin de dar transitabilidad constante. Para ello se han tenido que utilizar tractores orugas y cargadores frontales durante 12 horas diarias, lo cual involucraba un costo no menor a los 100 mil soles mensuales.

En este sentido, el objetivo básico de este estudio es disminuir estos gastos, optando por soluciones que disminuyan el arenamiento utilizando elementos del lugar, y por lo tanto minimizando el uso de equipos. Asimismo, planteamos la reforestación parcial del sector, que implicaba sembrar las dunas rebajadas, utilizando chorreo constante por aspersión de agua de mar, lo que nos permitió elegir la solución de Ingeniería más óptima, que nos garantizó transitabilidad continua, de menor plazo y de menor costo.

1.3. Datos generales del tramo de mantenimiento

El proyecto de servicio de conservación vial, encargado a una empresa de mantenimiento, se ubica en la costa sur del país y forma parte de la carretera Panamericana Sur – ruta 001-S, que conecta las provincias de Ica, Palpa, Nazca y Caraveli, en las regiones de Ica y Arequipa, respectivamente, como se visualiza en la siguiente figura.



Figura 1.1 - Tramo de conservación del contrato 082-2010-MTC/20: Ica –Ático

El contratista - conservador ha subdividido el accionar del mantenimiento en los tramos que se indican en el siguiente cuadro y gráfico.

Cuadro N° 1.1: Tramos contractuales del proyecto

Tramo	Carretera	Progresiva (Km.)		Longitud (Km.)
		Inicio	Fin	
1	Guadalupe – Nazca	290+887	450+100	159.213
2	Div. Marcona – Tanaka	488+432	583+000	94.568
3	Tanaka – Ático	583+000	709+000	126.000
Longitud Total (Km.)				379.781

En la siguiente figura se esquematiza el plano clave del proyecto, en donde se ubica la zona en estudio, del presente trabajo.

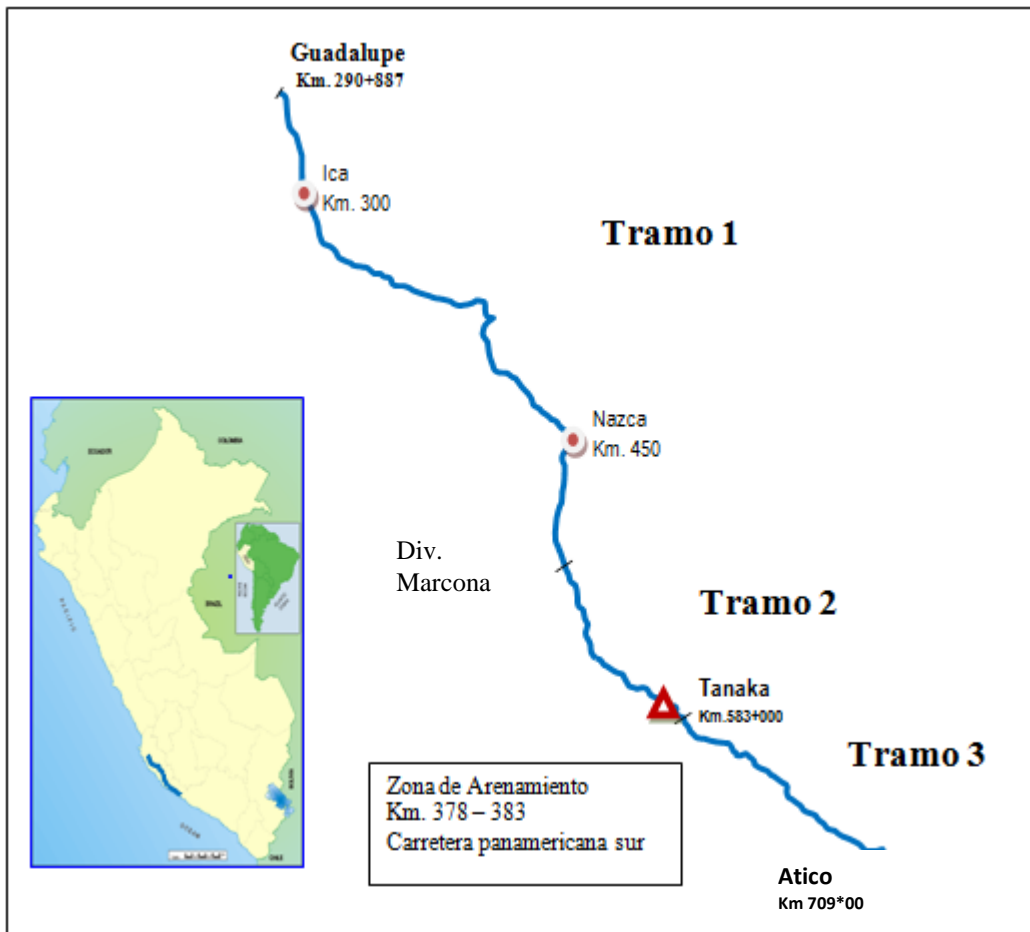


Figura 1.2 – Ubicación de la zona de estudio

El análisis que enfoca este trabajo, se refiere a la localidad de Tanaka, kilómetro 583 de la carretera Panamericana. En este lugar, el viento es fuerte con orientación de oeste a este durante casi todo el año, lo que origina arenamientos en la calzada de la carretera que, durante la noche, y ocasiona la pérdida de la ruta por parte de los vehículos que por allí circulan, dado que no encuentran el trazo, produciéndose de esta manera serios contratiempos para los usuarios.

1.4 Contrato de mantenimiento por niveles de servicio

Con fecha 18 de marzo de 2010, PROVIAS NACIONAL, adjudicó la buena pro del concurso público No. 0003-2009-MTC/20, para la contratación del servicio de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Guadalupe – Ica – Palpa – Ático, cuyo contrato se firmó con la empresa de mantenimiento, por un monto de S/. 113 725 146,44 nuevos soles, y un plazo contractual de 5 años.

Las actividades a desarrollar en el contrato hacen referencia a las de mantenimiento rutinario y periódico, poniendo la carretera en su puesta a punto, lo que se asegura la transitabilidad permanente de la vía. Por esta premisa, la empresa de mantenimiento está obligada a garantizar en ésta, un tráfico continuo y seguro de los vehículos de pasajeros y de carga, brindando para ello un adecuado nivel de servicio. En el siguiente cuadro, se visualizan los datos generales del contrato.

Cuadro N° 1.2: Datos generales del contrato

Proyecto	Servicio de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Guadalupe – Ica – Palpa – Ático	
Concurso público N°	0003 – 2009 – MTC / 20	
Contrato N°	082 – 2010 – MTC / 20	
Valor referencial	S/. 113,857,879.71	
Presupuesto contratado	S/. 113,725,146.44	
Contratista conservador	Empresa de mantenimiento	
Fecha de firma del contrato	15 – 04 – 2010	
Fecha de entrega de áreas y bienes	31 – 05 – 2010	
Fecha de entrega de adelanto en directo	31 – 05 – 2010	
Monto del adelanto directo	S/. 34,117,543.93	
Plazo de ejecución	05 años	
Fecha de inicio del plazo	01 – 06 – 2010	
Fecha de término del plazo	31 – 05 – 2015	
Gerente de empresa de mantenimiento	Ing. Fernando Ascarza Revoredo	
Administrador del contrato PN	Ing. Militza Barrera Cáceres Ing. Miguel Gaspar Cruzado Ganosa	
Jefe de supervisión	PN	Ing. Julio Germán Becerra García
Supervisor	PN	Ing. José Pantigoso Loayza
Asistente de Supervisión	PN	Ing. Wilder Ivala Ñacari

En el contrato suscrito entre PROVIAS NACIONAL y la empresa encargada del mantenimiento, se fijan los términos y condiciones del mismo en el sentido de “asegurar la transitabilidad permanente de la carretera de acuerdo a estándares base que permitan el tráfico continuo y seguro de vehículos de pasajeros y de carga; para lo cual, se han establecido un conjunto de actividades operativas y de gestión que permitan garantizar un adecuado nivel de servicio, orientado a implementar un sistema de gestión de carreteras más eficiente”.

No se fijan puntos críticos en el contrato indicado, ni tampoco en la absolución de consultas de las bases, por lo que el contratista – conservador asumirá las labores de mantenimiento rutinario y periódico, que permitan los objetivos del mismo.

En el siguiente cuadro, se visualizan las características técnicas de la carretera, en donde se realiza este tipo de mantenimiento, correspondiente a la ruta: PE – 01S.

Cuadro N° 1.3: Características técnicas de la vía

Proyecto	Servicio de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Guadalupe - Ica - Palpa - Ático
Ruta:	PE - 01S
Carretera:	Panamericana Sur
Categoría:	Primera clase
Longitud total:	418.113 Km.
Longitud de mantenimiento:	379.78 Km.
Tramo en concesión:	Km. 450+100 - Km.488+432 (38.332 Km.)
Doble vía:	6.60 Km. (sector Ica)
Ancho de calzada:	7.20 m. (promedio)
Espesor de calzada:	6" - 4" (promedio)
Ancho de bermas:	2.00 m. - 3.00 m. (promedio)
Tipo de pavimento:	Asfalto en caliente

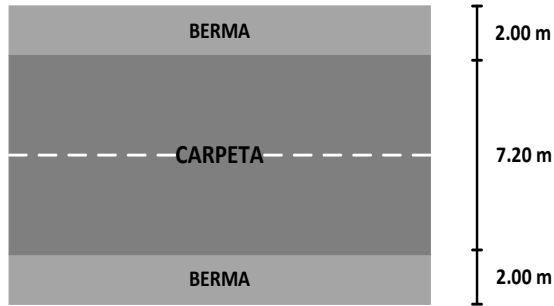


Figura 1.3 – Ancho de calzada

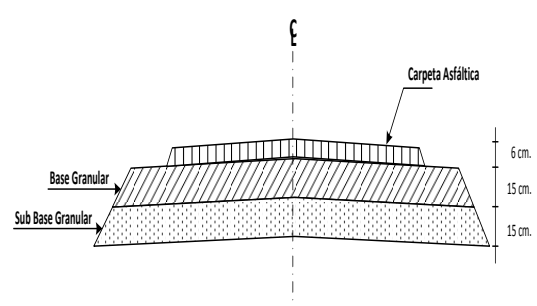


Figura 1.4 – Sección transversal de calzada

1.5 Descripción del sub-tramo a desarrollar

El proyecto se desarrolla en el sector denominado Tanaka, que se ubica entre los kilómetros 578 al 583 de la carretera Panamericana Sur, en donde los fuertes vientos que se dan de oeste a este, son muy intensos durante todo el año, lo que ocasionaba que la carretera quedara interrumpida por horas o días, años atrás. Por este motivo, se buscaron alternativas que solucionen este problema, lo cual implicaba actuar de manera constante con el uso de equipos pesados. La siguiente imagen satelital, refleja la ubicación de ese sector, en donde se señalan los puntos A y B, entre los que se generan los arenamientos de la carretera.



Foto 1.3 - Vista satelital de la zona en donde se produce el arenamiento de la carretera.



Foto 1.4 - Poblado de Tanaka



Foto 1.5 - Carretera con arenamiento

1.6 El problema a solucionar

Definimos previamente, algunos términos a utilizar en este tema:

1.6.1 Arenamientos

Son traslados e invasiones de arena sobre la superficie terrestre y ribera litoral, producto de los vientos y corrientes marinas.

Desde el punto de vista de la acción eólica, son fenómenos típicos en la cuenca baja considerando sus características de aridez y semiaridez en donde las masas de arena cubren gran parte de los terrenos desde el litoral hasta los contrafuertes occidentales de la cordillera andina, sobre todo en las zonas donde los fuertes vientos alisios ocasionan invasión de arena en varios tramos de la carretera Panamericana y en centros poblados como Tanaka y los Aguijes.

1.6.2 Causas

Entre las causas tenemos: La ausencia de vegetación; la superficie plana del terreno; la dirección e intensidad de los vientos y de la corriente marina.

1.6.3 Ocurrencias

Este proceso morfo dinámico, por lo general se presenta en la costa del territorio peruano y origina depósitos de arenas de formas típicas conocidas como dunas y mantos. Estas arenas transitorias, al no encontrar obstáculos, siguen su curso e invaden las áreas agrícolas, carreteras y ciudades, ocasionando problemas en las actividades socio económicas y pérdida de importantes recursos naturales. Entre los ejemplos que podemos citar se encuentran: El arenamiento marino del puerto de Salaverry y el arenamiento eólico que invade las pampas de Salaverry, Moche, Víctor, Larco Herrera y Trujillo en el departamento de La Libertad; el arenamiento marino en el Puerto de Tambo de Mora (Chincha) que sepultó un muelle; en los alrededores de la ciudad de Ica; las invasiones de arena en el cruce de la carretera Sechura - Pozo Salado en

Bayóvar Piura; y otros ocurridos en el sector de Pasamayo (Lima); y en la carretera Panamericana Sur entre Nazca y Chala: Tanaka y Cerro de Arena(Arequipa).

1.6.4 Acciones preventivas

Para el arenamiento marino las acciones de prevención son: El sistema de transferencia de arena, el sistema de retención de arena, el sistema de dragado y la combinación de los sistemas mencionados. En cuanto al arenamiento eólico tenemos el sembrío de vegetación y árboles en forma de cortina, el cual requiere de vigilancia y mantenimiento constante.

Es escasa la información que se da sobre este tema en libros y/o revistas relacionadas; por lo que este trabajo trata de describir la solución a un problema que sabemos existe y está allí por mucho tiempo, el cual exponemos a continuación, con factores influyentes de la zona en donde predominan, la presencia de arena, vegetación casi nula, y agua de mar. Estos son componentes presentes en la playa en donde se originan los vientos, que por el clima templado y húmedo en invierno y caluroso en verano, generan o producen la dinámica constante de interacción entre la costa y la rivera continental.

Es un hecho que en las costas como Tanaka, sin importar que sea verano o invierno, la playa sea un lugar en donde abunda el viento, al que se le conoce como brisa marina. En el verano, la arena refleja la luz del sol menos que el agua, por lo que la arena se calienta más rápido, y cuando esto sucede el aire caliente que está sobre la arena sube y el aire de arriba que está más frío baja, a esto se le conoce con el nombre de convección. Este movimiento de aire es el que produce el viento de la playa, que va desde la playa hasta el mar. Por el contrario en las noches, la arena se enfría más rápido que el agua del mar, y origina nuevamente este movimiento del aire con lo cual se genera el viento que va desde el mar hasta la tierra. Estos movimientos de aire caliente y frío, son los que provocan que en las playas siempre haya viento, y mucho más en las zonas en donde la playa se extiende con pendiente mínima dentro del océano, que se presenta en las playas de Tanaka.

La arena, que es uno de los componentes de la playa, es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En Geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 milímetros. Una partícula individual dentro de este rango es llamada «grano de arena». Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca (o psamita). Las partículas por debajo de los 0,063 mm y hasta 0,004 mm se denominan limo.

La arena transportada por el viento es llamada arena eólica, (ésta puede provocar el fenómeno conocido como calima), al sumársele el agua, es depositada en forma de playas, dunas, médanos, etc. En el desierto, la arena es el tipo de suelo más abundante. La granulometría de la arena eólica está muy concentrada en torno a 0,2 mm de diámetro de sus partículas.

La costa, particularmente las playas como Tanaka, son el sitio de encuentro e interacción permanente entre el mar y la tierra. Son las zonas más dinámicas del planeta, sujetas a una vecindad, un roce, un movimiento y una interacción en todo momento. La playa cambia su forma al contacto y accionar del oleaje y las mareas. Los cambios son

hora a hora, día a día, durante el verano. Los huracanes y las tormentas de invierno se repiten constantemente por varios días y periodos de un año.

Las dunas también son sumamente dinámicas. Primero el viento las moldea, cambia su forma, y dispersa las semillas de las futuras plantas colonizadoras. Éstas germinan e inician numerosos intentos de colonización hasta que lo logran, inmovilizando la arena y extendiéndose para con el tiempo formar una cubierta de hierba sobre un mar ondulante de arena. El oleaje del mar continúa tierra adentro, por lo que al mar de olas le sigue un mar de arena, que es el que incide en el sector analizado.

Por lo indicado, esta preocupación ya existía en el Ministerio de Transportes, motivada por la queja de los usuarios de la carretera, dado que la transitabilidad quedaba interrumpida, por horas, noches o días, básicamente en el sector de Tanaka. Muchas veces se trabajaba con equipos que procuraban una solución parcial al problema, dando transitabilidad restringida y no completa, en perjuicio de los usuarios de la carretera.

Las siguientes fotos visualizan el problema que se presentaba antes de Junio del 2010, en donde por administración directa, PROVIAS NACIONAL, ejecutaba el mantenimiento, presentándose serios contratiempos en esas labores por la antigüedad de los equipos empleados y por el limitado presupuesto con que se contaba, en donde se daba una transitabilidad restringida, afectando a los usuarios de la carretera en su normal tránsito por ese sector de la Panamericana Sur.



Foto 1.6 – Sector de carretera arenado, con trabajos de tractor neumático de PN, al atardecer



Foto 1.7 – Trabajos de equipos por formación de dunas en horas de la noche

Las anteriores imágenes ilustran el mantenimiento que se daba a la carretera, en horas de la noche y con el uso de equipo pesado, procurando dar transitabilidad parcial o restringida por horas o a veces limitando el paso de los vehículos.

Esto nos animó a tratar de solucionar este problema, por lo que se buscaron varias posibles alternativas de solución, las cuales ampliaremos en el próximo capítulo, pero que necesariamente vinculaban el hecho de seguir utilizando equipos, con los contratiempos que ello originaba.

Antes de junio del 2010, las labores de mantenimiento, estaban a cargo de PROVIAS NACIONAL, por administración directa, ellos utilizaban equipos pesados (tractores neumáticos y cargadores frontales) con un limitado presupuesto para combustibles, lubricantes y repuestos, esto implicaba tener una transitabilidad restringida, debido a la antigüedad de los equipos. Se presentaban contratiempos de forma constante tales como: ruptura de mangueras de presión, sistemas de refrigeración y ventilación, engranajes y falta oportuna de combustibles y lubricantes, que deberían brindar continuidad en el servicio. En algunas ocasiones, arreglar rápidamente un equipo, para que siga prestando servicio, demoraba más de 6 horas, ya que las localidades de Nazca y Chala, en donde se podían resolver los problemas mecánicos, distan de Tanaka, unos 40 km.

En el siguiente cuadro se dan a conocer los costos que realizaba PROVIAS NACIONAL para el mantenimiento del sector de Tanaka, durante un mes.

Cuadro 1.4: Gasto/mensual estimado PROVIAS NACIONAL

Ítem	Insumo	Rendimiento	Cantidad	P.U	UN	Parcial
1	Tractor neumático	40 gl/día	25 días	12.00	S/.	12,000.00
2	Cargador frontal	30 gl/día	20 días	12.00	S/.	7,200.00
3	Operadores	mensual	2 días	1,400.00	S/.	2,800.00
4	Guardianes	mensual	2 días	800.00	S/.	1,600.00
5	Lubricantes	10 gl/mes	2 días	35.00	S/.	700.00
6	Mecánico	mensual	1 día	300.00	S/.	300.00
7	Repuestos y otros	mensual	1 día	1,500.00	S/.	1,500.00
Costo Total					S/.	26,100.00

Esto se daba utilizando el equipo propio de PROVIAS NACIONAL, el cual tenía una antigüedad mayor a los 12 años de servicio, asunto que incrementaba a veces el gasto en un promedio de los 30,000 soles mensuales por reparaciones mayores (en el cuadro, en la sección insumo, podemos ver que se indican los gastos referentes al petróleo).

Si se consideran los costos de uso de los equipos enunciados, se incrementarían los gastos en S/. 38,400 soles más mensualmente, considerando un costo de HM para el tractor neumático de S/. 120 y para el cargador frontal de S/. 90, por los años de servicio de dichas unidades.

Cuando se cambió la modalidad a mantenimiento por niveles de servicio, se exigía que la transitabilidad de la carretera sea continua, por lo que a la empresa contratista que se le pidió desde Junio del 2010, tener equipos pesados que garanticen esa continuidad, esto requería que sean nuevos para operar sin inconvenientes durante todo el día y en una frecuencia que garantice ese servicio.

Los contratos de conservación vial por niveles de servicio tienen como objetivo general alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad de la red vial nacional a través de la ejecución permanente de actividades de mantenimiento rutinario, reparaciones menores, relevamiento de información y atención de emergencias viales, desarrollándose una cultura preventiva que evita el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa en la práctica, actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad continua.

En las siguientes imágenes se visualiza el estado de la carretera con fechas. En ese sector, en donde se nota la intervención que daba PROVIAS NACIONAL, por administración directa antes de Junio del 2010, y la que da el contratista – conservador luego de esa fecha.

Las fotos 1.8 y 1.9 corresponden a la limpieza de calzada con tractor neumático de PROVIAS NACIONAL, en junio del 2009.



Foto 1.8 – junio del 2009



Foto 1.9 – junio del 2009

Las fotos 1.10 y 1.11 corresponden al arenamiento que se presentaba en la calzada por inoperatibilidad de los equipos en octubre del 2009.



Foto1.10 - octubre del 2009



Foto1.11 – octubre del 2009

Las fotos 1.12 y 1.13 corresponden al arenamiento y limpieza de calzada, que se daba con limitaciones en Noviembre del 2009.



Foto 1.12 - noviembre del 2009



Foto 1.13 - noviembre del. 2009

Las fotos 1.14 y 1.15 corresponden a la situación de tener el tránsito en un solo carril, limpieza parcial de calzada en enero del 2010.



Foto 1.14 – enero del 2010



Foto 1.15 – enero del 2010

Las fotos 1.16 y 1.17 corresponden a las limitaciones en uso de equipos, presentándose tránsito restringido en febrero del 2010.



Foto 1.16 – febrero del 2010



Foto 1.17 – febrero del 2010

Las fotos 1.18 y 1.19 corresponden a los trabajos que se realizaban durante todo el día, con apoyo de cargador frontal en febrero del 2010.



Foto 1.18 - febrero del 2010



Foto 1.19 - febrero del 2010

La fotos 1.20 y 1.21, corresponden a los trabajos que se realizaban hasta en el atardecer, con operatibilidad de equipos limitada y con restricción del tránsito en marzo del 2010.



Foto 1.20 - marzo del 2010



Foto 1.21 - marzo del 2010

Las fotos 1.22 y 1.23 corresponden a visualizar la pérdida del trazo por arenamiento de calzada en marzo del 2010.



Foto 1.22 - marzo del 2010



Foto 1.23 - marzo del 2010

Las fotos 1.24 y 1.25 corresponden a visualizar a los carriles de calzada con invasión parcial de arena en abril del 2010.



Foto 1.24 - abril 2010



Foto 1.25 - abril 2010

En las fotos 1.26 y 1.27, podemos ver que sin continuidad de trabajo, se perdía el trazo en calzada en abril del 2010.



Foto 1.26 - abril del 2010

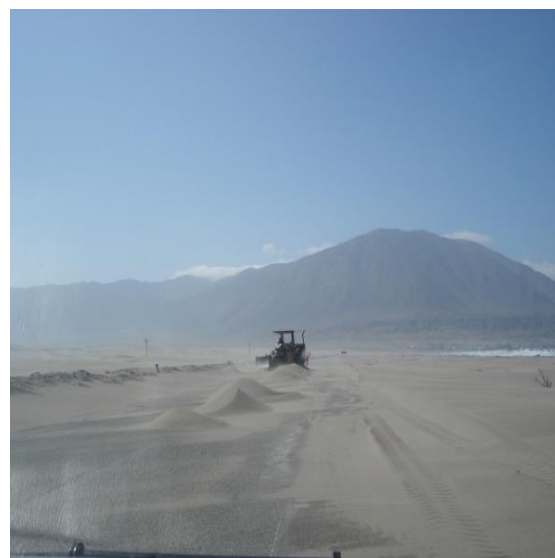


Foto 1.27 - abril del 2010

En las fotos 1.28 y 1.29 se aprecia el accionar de los equipos de forma limitada, causando un tránsito anormal en mayo del 2010.



Foto1.28 - mayo del 2010



Foto1.29 - mayo del 2010

En las fotos 1.30 y 1.31 se ve el avance de las dunas de arena en proximidad de calzada en mayo del 2010.



Foto1.30 - mayo del 2010

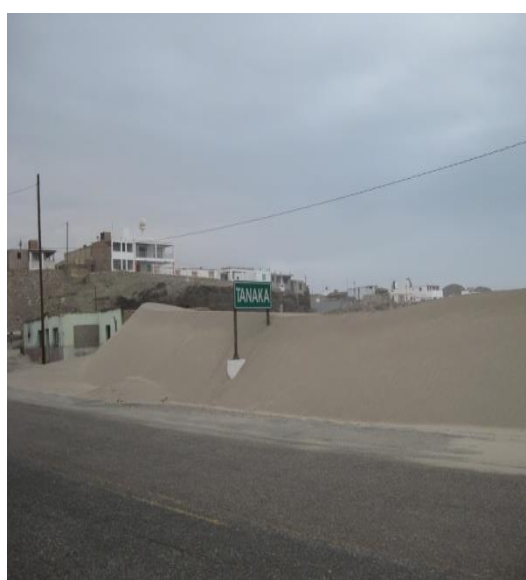


Foto1.31 - mayo del 2010

En las fotos 1.32 y 1.33 se observa el ingreso de equipos nuevos: cargador y tractor oruga, del contratista - conservador en junio del 2010.



Foto 1.32 - junio del 2010



Foto 1.33 – junio del 2010

Las fotos 1.34 y 1.35, corresponden al traslado de arena hacia playa, con el uso de mayor cantidad de equipos, en junio del 2010.



Foto 1.34 - junio del 2010



Foto 1.35 – junio del 2010

Las fotos 1.36 y 1.37 muestran el trabajo de equipos en simultáneo, constante y operativo, en junio del 2010.



Foto 1.36 – julio del 2010



Foto 1.37 – julio del 2010

En las fotos 1.38 y 1.39, se aprecian transitabilidad asegurada por el trabajo constante de los equipos, en julio del 2010.



Foto 1.38 – julio del 2010



Foto 1.39 - julio del 2010

Las anteriores fotos nos indican que en este sector de la carretera, se tenía un serio problema de transitabilidad, que se da por la ubicación del trazo de la carretera en un sector paralelo a la ribera del mar y muy próximo a ella, que requería el planteamiento de soluciones que garanticen el tránsito normal de los vehículos motorizados. En este sentido, iremos enfocando los planteamientos de las posibles soluciones de Ingeniería, utilizando los recursos propios del lugar, pues se tratará de resolver el problema en el más corto plazo y con el menor costo, reduciendo los gastos que involucran la utilización de equipos pesados en demasía y cuyo tema de investigación nos ocuparemos con más detalle en el próximo capítulo.

Capítulo 2

Soluciones de ingeniería utilizadas

2.1 Soluciones de ingeniería

Ante el problema evidente que se tenía antes de junio del 2010, PROVIAS NACIONAL convoca el servicio de consultoría que comprendía la ejecución de todas las actividades necesarias para la “Evaluación y tratamiento de sectores afectados por arenamiento en la carretera Panamericana Sur, sub tramo II: División Marcona – Tanaka (Km. 488 - 432 – Km. a 583 +000)”. Este proceso fue declarado desierto en el año 2011, por lo que nuevamente fue convocado en julio del 2012.

En general este proyecto consistía en incluir una descripción clara del proceso constructivo en todas sus actividades para el planteamiento de la solución prevista, estableciendo la relación de equipos necesarios e indicando con detalle las características requeridas para la ejecución de los trabajos, así como la relación de los materiales a utilizar con características técnicas de calidad, dimensiones y otros. En base a los resultados de las evaluaciones del estado de la infraestructura vial en los tramos de arenamiento señalados, se deberán desarrollar las disciplinas requeridas para plantear los tratamientos y soluciones más adecuadas para definir el control del arenamiento en los sectores críticos, los mismos que deberán considerar como alternativa la aplicación de tecnologías modernas de conservación vial, evaluación de costos de aplicación y un análisis de su rentabilidad. Este expediente está en elaboración por el consultor, ganador del proceso, desde setiembre del 2012, sin resultados hasta la fecha.

Según los alcances realizados en el capítulo anterior, el problema del arenamiento, requiere de lo siguiente:

En primer lugar, el planteamiento de soluciones que garanticen la transitabilidad continua y segura en la carretera Panamericana, en el sector de Tanaka, para el cual propondremos las posibles soluciones, asumiendo una alternativa de ingeniería, que utilice los recursos propios del lugar, y que nos conduzcan a resolver el problema en el más corto plazo y con el menor costo, reduciendo excesivos gastos en equipos pesados que son los de mayor incidencia en los gastos totales.

Las soluciones de Ingeniería que se pueden plantear son muchas, por lo que hemos propuesto 6 posibilidades, que se listan a continuación:

- 2.1.1. Uso de equipo pesado, controlando el arenamiento
- 2.1.2. Riego y forestación del área analizada con agua de río
- 2.1.3. Riego y forestación del área analizada con agua del mar
- 2.1.4. Traslado de arena de la margen del lado oeste al lado este de la carretera
- 2.1.5. Cortinas de agua, que imposibiliten el traslado de arena
- 2.1.6. Modificación del trazo de la carretera, alejándola mucho más de la playa

2.1.1. Uso de equipo pesado, controlando el arenamiento

Es posible controlar el arenamiento de la carretera con continuidad en el trabajo, utilizando equipo pesado, tal como cargadores frontales, tractores sobre orugas o neumáticos que estén en buenas condiciones operativas

Esto se ha venido aplicando hace muchos años atrás, para lo cual antes de que se tercerice el servicio de mantenimiento en junio del 2010, PROVIAS NACIONAL, tenía en el campamento de Tanaka, 01 tractor neumático y 01 cargador frontal, pero con más de 12 años de servicio, lo que involucraba que no había constancia y continuidad en las labores diarias de trabajo.

En esa época, el accionar del equipo era limitado tanto por el número de horas trabajadas como por el uso de combustible, de esta manera, se daba transitabilidad restringida en muchos días, ya que los vientos arrastraban diariamente arena de oeste a este de manera constante y hacían que la calzada se arene parcialmente.

El gasto promedio mensual, era del orden de los 30 mil soles, que incluía los gastos operativos de los equipos (operador, combustibles, lubricantes y repuestos). En estos casos el accionar se limitaba a utilizar un equipo a la vez, salvo que la acumulación de arena colmatara en demasía la carpeta, en cuyo caso actuaban en simultáneo los dos equipos. El mayor inconveniente, se presentaba en las mangueras de presión hidráulica de los equipos, que muchas veces fallaban porque se rompían y cuya reparación no era inmediata.

En el cuadro 1.4 del capítulo anterior se detalló el gasto, utilizando el equipo propio de PROVIAS NACIONAL, el cual tenía una antigüedad mayor a los 12 años de servicio, lo que incrementaba a veces el gasto en un promedio de 30,000 soles mensuales por reparaciones mayores.

Se trabajó por mucho tiempo con esas limitaciones, pero no se daba garantía y confiabilidad a los transportistas para lograr sobrepasar ese sector, ocasionando algunas horas de atraso en el tránsito. Muchas veces se restringía el mismo, hasta permitir que el trazo quede definido, lo que se presentaba generalmente al atardecer o iniciando las noche. Había días en que por las condiciones climáticas no se presentaba arenamiento, cuya incidencia no tenía un efecto estadístico en relación a estaciones o temporadas, solo era cuestión del azar.

La siguiente foto visualiza el hecho de trabajar con el tractor neumático en la carretera colmatada de arena, y los vehículos de tránsito esperando.



Foto 2.1 – Trabajos de desarenado con tractor neumático, marzo del 2010.

Recién a partir de junio del 2010, desde que se contrata a terceros, el mantenimiento del tramo, el accionar y la presencia de los equipos han sido más constantes. Esto ha permitido controlar el efecto del arenamiento con un promedio mensual de gastos por encima de los 100 mil soles mensuales, permitiendo tener un adecuado nivel de servicio, lo que redundará en beneficio de las empresas transportistas y/o usuarios privados que transitan por ese sector, evitándose de ese modo el arenamiento de la carpeta asfáltica.

En la siguiente foto, se visualiza el hecho de tener la carpeta sin arena, con el accionar constante de equipos pesados del contratista – conservador.



Foto 2.2 – Trabajos de desarenado con tractor orugas y cargador frontal (Julio 2010).

Esta alternativa soluciona el problema, pero el costo es elevado, ya que implica mantener de manera constante y completamente operativo el equipo pesado en el sector, lo que involucra un gasto anual cercano a los 1.2 millones de soles, asunto que se cuantificará en el próximo capítulo. Se asumió esta alternativa como parte de la solución adoptada.

2.1.2. Riego y forestación del área analizada con agua de río

Esta fue una de las primeras alternativas planteadas, para disminuir el costo operativo del mantenimiento, lo cual implicaba, trasladar agua del río Yauca, ya sea canalizada o con el uso de cisternas, hacia la zona en estudio, y/o almacenarla en tanques, sembrando plantas que aminoren el arenamiento que se da por efecto de los vientos.

Aguas arriba del puente Yauca, en el kilómetro 573, a la zona en estudio (kilómetro 578-583), hay diferencia de niveles y el posible trazo permite el flujo por gravedad del líquido elemento, motivo por el cual se podría haber canalizado y trasladado el agua en una posible toma, pero el recorrido implicaba un elevado gasto en canales y/o tuberías, y además, se hubiera visto restringido por las lomas de arena acumuladas e inertes. Al margen de ello, había que reforestar el área en estudio, con un mantenimiento constante, para adecuar un tipo de planta que se aclimate a crecer en esa zona.

Esta es una alternativa que pudo haberse dado, pero hubiera requerido de bastante movimiento de tierra para aliviar el trazo de la canalización y llevar las aguas hacia el lugar, en donde plantaríamos cultivo y/o plantas que mitiguen el arenamiento.

De la misma manera sucede con la otra alternativa que mencionamos, que implicaba abastecer con un tanque de 50 m³, que existe en el campamento de Tanaka en su parte alta, utilizándose para ello cisternas alimentadoras de agua del río, y a partir de ese lugar, derivar con tuberías el agua hacia la zona de posible reforestación. Las siguientes tomas visualizan lo planteado.



Foto 2.3 - Posible toma en el río Yauca.



Foto 2.4 - Recorrido de canalización, adyacente a trazo de carretera.



Foto 2.5 - Tanque de almacenamiento, campamento de Tanaka.



Foto 2.6 - Sector a reforestar. Franja costera del litoral.

Esta alternativa demanda un costo muy elevado de adecuación inicial, estimado en 4 millones de soles, si se planteaba la posibilidad de canalizar el agua para el riego desde el río Yauca, ya que la distancia a recorrer es de 10 Km. Esto se reduciría si se adopta la opción de utilizar cisternas con el acondicionamiento de motobombas para llevar el agua, elevándola hacia el tanque y así reforestar el área a cultivar. Con el respectivo mantenimiento, esta posibilidad involucra un costo de 1.5 millones de soles anuales, en un periodo a largo plazo, razón por la cual se desestimó. Sin embargo, algunas ideas generales sí sirvieron para la reforestación planteada en la siguiente alternativa.

2.1.3. Riego con agua del mar y forestación

En el lugar que estamos analizando se mostraban algunas plantas que crecían con la brisa marina y/o agua de mar, lo que motivo a usar esta alternativa de siembra para lo cual se tenían que construir reservorios que logren mantener este líquido y así poder derivarlo al sector a forestar.

Esta opción preliminarmente es mucho más económica que la anterior, salvo que hay que adecuar una planta que se mantenga y crezca con este tipo de agua, acción que se probó en varios sectores, utilizando las plantaciones existentes de la zona de trabajo y regándolas con agua de mar, hasta que llegó a prender y estabilizarse.

La planta se denomina: “*Crassula arborescens*”, perteneciente a la familia de la Crasuláceas, cuyo origen es en África del Sur, posee ramas y hojas fuertes y carnosas, con flores que van entre los tonos rojo y blanco. Tolerancia bien el sol directo y en invierno soporta hasta temperaturas de los 3 grados centígrados, no siendo exigente con el riego en invierno aunque requiere moderadamente agua en el verano. Se trasplanta a principios de primavera, brotando con facilidad por todas partes. Para su desarrollo debe controlarse el exceso de humedad, ya que podría llegar a pudrirse, motivo por el cual el

lugar en donde decidimos plantarla no era limitativo, ya que la arena permitía ayuda a que el ambiente sea seco.



Foto 2.7 “*Crassula arborescens*” en pleno desarrollo

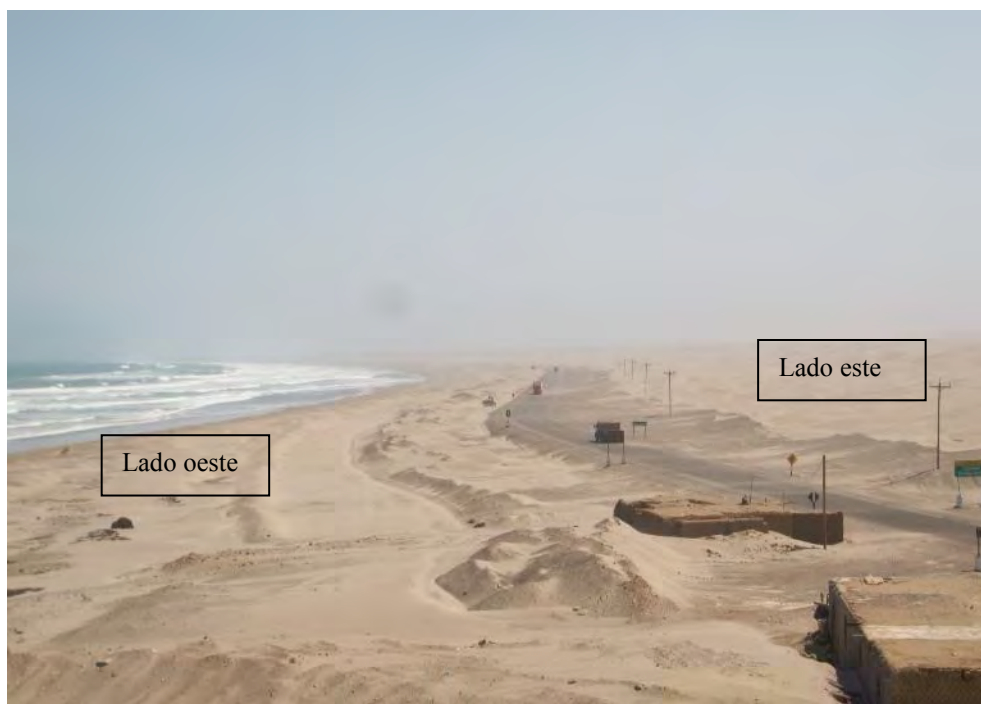
Se implementó el riego manual, y las plantas prendieron y se mantuvieron estables. La arena seguía haciendo estragos, contaminando su crecimiento por el viento, por lo que se tuvieron que asumir otras acciones que mitiguen ese efecto.

Poner en operación esta alternativa involucra una inversión inicial de 400 mil soles, con un costo anual de mantenimiento y operación del orden de los 600 mil soles, por lo que este planteamiento es más rentable que el anterior, de allí que se plantee como un componente a asumir como solución de Ingeniería adoptada a analizar posteriormente.

2.1.4. Traslado de arena del lado oeste al lado este de la carretera

Generalmente, el viento arrastra la arena que se encuentra en la orilla, la cual es de gran magnitud y se ubica en el lado oeste, hacia la carretera, en donde su trazo es paralelo a la orilla a 250 metros de ella, y no teniendo obstáculos, continúa por la ladera adyacente, en donde crea dunas inertes en el lado este.

En la siguiente toma, se identifica los lados a que se hace referencia.



**Foto 2.8 - Lado oeste: sector izquierdo de la carretera,
Lado este: sector derecho de la carretera.**

Movilizar la arena de un lado hacia otro, implica utilizar muchas horas máquina de equipo, ya sea por arrastre con tractores o con cargadores frontales y volquetes, para que éstos trasladen la arena por viaje, a distancias no menores a los 500 metros.

La incertidumbre, se planteaba en el hecho de que ésta se realizaba indefinidamente, ya que el volumen de arena desplazada, se podía ir alimentando, por la acción eólica, asunto que se experimentó por varios días, continuos y alternados, arrojando malos resultados, porque continuaba cierto grado de alimentación en los sectores ya limpiados. De allí que esta alternativa se desestimara también finalmente por el costo operativo que suponía.

Entonces, se optó por arrinconar a la arena a unos 100 metros de la calzada en el lado oeste, creando artificialmente un domo de unos 25 metros de ancho, con una altura de 5 metros aproximadamente, en una longitud inicial de 80 metros, para que haga de barrera a la libre circulación del arrastre de arena de la playa hacia la carretera, situación que en principio dio resultados.

El costo operativo, estimativamente de trasladar la arena, del volumen a desplazar de $2000 \times 30 \times 5$ que equivalen a $300,000 \text{ m}^3$, es cercano a los 6 millones de soles, cantidad que no era presupuestable con el tipo de mantenimiento que el contratista realiza, por lo que no se optó por esta alternativa, que no daba la seguridad de tener éxito. Se trabajó, alternativamente en construir un domo o dique con las dunas de arena acumuladas a unos 100 metros paralelos a la carretera, para hacer barrera al arrastre del viento, de acuerdo a lo que se visualiza en la siguiente foto.



Foto 2.9 – Barrera o dique de arena para impedir arrastre del viento

Se ha indicado que esta alternativa de trasladar la arena fue desestimada, por lo que se planteó la construcción del dique de arena, que asociado con otro tipo de propuestas, solucionó el problema a un menor costo. Más adelante, ampliaremos esta alternativa, como parte de la solución adoptada.

2.1.5. Cortinas de agua, que imposibiliten el traslado de arena

Esta posibilidad, se planteó cuando se tuvo que buscar un sistema de riego para las plantas que se quería forestar en el área analizada, para lo cual teniendo un primer pozo de captación de agua de mar, hecho por vasos comunicantes, se optó por utilizar motobombas que alimenten tuberías para regar por aspersión la zona a forestar. Ello motivó a hacer inversiones en este sistema de riego.



Foto 2.10 – Pozo artesanal de captación de agua salada



Foto 2.11 Riego por aspersión con agua de mar en domo

Esta alternativa mitigó el tránsito del viento que arrastraba arena, ya que se implementó el sistema de riego por aspersión por encima del domo o dique construido artificialmente, consiguiéndose que al humedecerse el mismo, por unas 5 a 6 horas diarias, la arena no tuviera desplazamiento.

Este tema, lo trataremos de ampliar después, en donde veremos que daba mejores resultados y que es una alternativa más trabajada para mitigar el arrastre de la arena por el viento que se da en ese sector, ya que el costo de la construcción y/o implementación de los pozos y la del sistema de riego es del orden de los 300 mil soles, con un costo de operación de 600 mil soles anuales.

2.1.6. Modificación del trazo de la carretera, alejándola mucho más de la playa

Como esta alternativa, podrían surgir muchas más, que traten de solucionar el problema que se planteaba en Tanaka, y que implicaba modificar el trazo actual por uno que ingrese desde el puente, hacia la parte alta, con orientación sur-este hacia el poblado de Yauca, lo que permitiría alejarse de la ribera del mar a mayor altura y lo cual mitigaría con menor incidencia el efecto del viento, ya que las velocidades del mismo bajan a medida que se sube sobre el nivel del mar. En la siguiente toma actual, visualizamos la propuesta.



Foto 2.12 – Alternativa de cambio de trazo

Esta propuesta, implicaba un gasto mayor, al igual que la de construir un viaducto a mayor nivel, ya que implica realizar obras en aproximadamente 2.5 Km. en ese sector, que equivalen actualmente a un costo no menor de los 25 millones de soles, con la incertidumbre de que volvamos a tener el mismo problema, con el nuevo trazo pero en menor escala. El costo de esta solución, sobrepasaba largamente el presupuesto de mantenimiento que la empresa podía dar a este sector.

Por estas implicancias, con el contratista – conservador, se optó por utilizar, soluciones más económicas y con cierto grado de confiabilidad en sus resultados. Este tema lo trataremos en el siguiente ítem, enfocando que la solución de Ingeniería a proponer, adecúe el costo más económico, y que se ejecute en el menor tiempo posible y sea más rentable en su mantenimiento y operación, que es el motivo de este trabajo.

2.2 Evaluación de alternativas

De estos planteamientos analizados, en algunos casos con mayor detalle y en otros, aunque tentativos, por su costo es posible desestimarlos, se planteó con la empresa encargada de la conservación utilizar la solución más óptima, que permita utilizar recursos propios de la zona

Las alternativas propuestas detalladas en el ítem anterior fueron:

- 2.2.1 Uso de equipo pesado, controlando el arenamiento.
- 2.2.2 Riego y forestación del área analizada con agua de río.
- 2.2.3 Riego y forestación del área analizada con agua del mar.
- 2.2.4 Traslado de arena de la margen del lado oeste al lado este de la carretera.
- 2.2.5 Cortinas de agua, que imposibiliten el traslado de arena.
- 2.2.6 Modificación del trazo de la carretera, alejándola mucho más de la playa.

Como ya se ha expresado, podrían surgir más alternativas que solucionen el problema, pero nos enfocaremos en lo propuesto, que es el objetivo de este trabajo, el plantear una que nos permita minimizar el costo actual de mantenimiento y sobre todo que cubra la expectativa de dar transitabilidad constante y segura en este sector de la carretera.

De acuerdo a lo indicado, en los siguientes cuadros se da una calificación a cada una de ellas con el costo anual, para la elección de una o más de las propuestas analizadas y poder optar por la solución de Ingeniería más adecuada.

Cuadro 2.1 – Tabla comparativa de evaluación de alternativas

Opción	Nombre	Costo Inicial	Costo Operación	Costo Total	Puntaje
2.1.1	Uso de equipo	-	1.2	1.2	4
2.1.2	Riego agua dulce	3	1.5	4.5	3
2.1.3	Riego agua salada	0.4	0.6	1	5
2.1.4	Traslado de arena	6	2	8	2
2.1.5	Cortinas de agua	0.3	0.6	0.9	6
2.1.6	Modificación de trazo	25	-	25	1

Opción	Nombre	Tiempo	Puntaje
2.1.1	Uso de equipo	1	4
2.1.2	Riego agua dulce	1.2	3
2.1.3	Riego agua salada	1	4
2.1.4	Traslado de arena	1.5	2
2.1.5	Cortinas de agua	1	4
2.1.6	Modificación de trazo	2	1

Opción	Nombre	Costo	Tiempo	Calidad	Puntaje
2.1.1	Uso de equipo	4	4	3	11
2.1.2	Riego agua dulce	3	3	1	7
2.1.3	Riego agua salada	5	4	6	15
2.1.4	Traslado de arena	2	2	2	6
2.1.5	Cortinas de agua	6	4	5	15
2.1.6	Modificación de trazo	1	1	4	6

- La escala de valores para el puntaje en costos, es de 6 para el menor y de 1 para el mayor.
- La escala de valores para el puntaje en tiempo, es de 4 para el menor y de 1 para el mayor.
- La escala de valores para el puntaje en calidad, es de 6 para el mejor y de 1 para el menor.

Con lo expuesto, las propuestas desestimadas en la exposición del ítem anterior dado son las numeradas con los números 2, 4 y 6, ya que sus costos de ejecución y

conservación son muy elevados comparativamente con el resto, por lo que analizaremos de un mejor modo las numeradas con 1, 3 y 5, que son las que, alternativamente, desarrollaremos en el resto de nuestro trabajo, combinando su accionar en obtener la solución de Ingeniería mas óptima.

2.3 Propuesta a evaluar

Nuevamente, describimos los antecedentes que se daban en este tramo que estamos analizando, en donde en junio del 2010 se dio inicio al proyecto: “Servicio de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Guadalupe – Ica – Palpa – Ático”, con la participación de un contratista – conservador, con el que se llegó a plantear una solución para el punto crítico, localizado en la zona de Tanaka, la cual se ubica en la carretera Panamericana Sur, entre los kilómetros 578 y 583 a 34 metros sobre el nivel del mar.

Los que han tenido la oportunidad de haber transitado por esta zona, pueden constatar que durante décadas el problema de arenamiento de la vía ha sido constante, perjudicando la transitabilidad, confort y seguridad de los usuarios. Esto debido a los fuertes vientos de la zona los cuales están en el orden de velocidad de 22 km. /h. alcanzando picos de velocidad de 34 km. /h.

Las condiciones en que se recibió esta zona eran realmente críticas, debido al arenamiento extremo que se presentaba en bermas y calzadas, lo cual dificultaba en gran medida la transitabilidad de la vía, a lo largo de 5 kilómetros, como se puede apreciar en la siguiente imagen captada en el año 2009.



Foto 2.13 – Arenamiento de calzada en Tanaka

Se atacó el problema de inmediato con maquinaria pesada: tractor de orugas, cargador frontal y retroexcavadora. Estos equipos se dedicaron desde las primeras semanas a remover la arena, provocada por las fuertes corrientes de vientos que azotan esta parte del litoral peruano, y que se acumulaban constantemente en la vía. Los primeros meses se movía un aproximado de 12,000 metros cúbicos de arena por semana, luego de realizar estudios del comportamiento del viento y el material de arrastre en las

diferentes horas del día, se realizaron diversas pruebas e implementaciones para optimizar los recursos y el control del arenamiento, durante casi dos años.

Aprovechando la arena de la zona se construyó una pantalla de contención de 25 metros de ancho y 5 metros de altura a 80 metros del eje de la carretera hacia el mar, la cual retiene gran porcentaje de la arena que es arrastrada hacia la vía; producto de esta implementación se redujo la cantidad de equipos en la zona y ahora en promedio se mueve 6,500 metros cúbicos de arena semanal.

Se continuaron las pruebas en campo en el año 2011, primero haciendo un pozo artesanal a unos 150 metros de la orilla, construido con el equipo pesado con que se contaba: tractor sobre orugas y cargador frontal, para captar agua de mar por vasos comunicantes.

Lo citado en las alternativas planteadas como: uso de equipo pesado para controlar el arenamiento, implementación de riego y forestación del área analizada con agua del mar, se pusieron en operación sucesivamente, utilizando una motobomba que ha logrado disminuir considerablemente el gasto en equipos para el mantenimiento y sobre todo, ha controlado el arenamiento en la carretera y zonas adyacentes.

Las siguientes tomas fotográficas, hacen referencia a lo indicado, donde podemos apreciar el pozo artesanal construido, utilizando el equipo con que se contaba el cual por vasos comunicantes, permite que el agua del mar aflore, la cual es captada e impulsada por motobombas, hacia la red de riego, permitiendo crear cortinas de agua, las que impiden el traslado de arena de oeste a este, y también la reforestación parcial del sector, mejorando notablemente el medio ambiente.



Foto 2.14 – Pozo para captación de agua



Foto 2.15- Riego de pantalla y forestación de diques

Actualmente se continúan realizando pruebas para implementar un sistema de control aprovechando las condiciones climatológicas de la zona y la flora de la misma, donde la meta es disminuir aún más el equipo mecánico en la zona.

2.4 Factores influyentes de la zona

Tal como se expresó en el capítulo 1, en el ítem referente al problema a solucionar; el sector donde se realiza la investigación, es una zona árida, en el que predomina la presencia de arena, con vegetación casi nula, y agua de mar, que son los componentes presenciales en la playa en donde se originan los vientos que forman la dinámica constante de interacción entre la costa y la ribera continental.

El movimiento de aire, producido por el viento, va desde la playa hasta el mar y del mar hacia la playa y se produce por el fenómeno de convección, que ya se ha definido anteriormente en el capítulo 1, y que provoca que en éstas siempre haya viento y mucho más en las zonas en donde ésta se extiende con pendiente mínima dentro del océano, tal como sucede en Tanaka, en donde hay una interrupción brusca del litoral costero, hacia adentro, formando una depresión en la playa, con una amplitud hacia la formación de cerros de más de 2 kilómetros.



Foto 2.16 - Pendiente mínima de rivera marina

En este sentido, la arena es transportada por el viento, cambiando la forma de la playa en una forma dinámica, produciéndose la creación de dunas y médanos siendo los cambios hora a hora, día a día, o bien en periodos de varios años.

Se han probado múltiples alternativas para tener vegetación en la playa, colonizando plantas del lugar lentamente: Primero una planta, después otra y así sucesivamente, con varios días de por medio y con riego de agua dulce y salada pero priorizando esta última, ya que es la que se tiene más cerca. Las plantas han desarrollado características que les permiten vivir en estos ambientes, ser desenterradas y enterradas cada cierto tiempo y algunas necesitan de acumulación de arena para crecer.

Los ciclos de vida se han dado lentamente, las plantas han ido enriqueciendo el suelo y mejorando las condiciones de vida para que otras puedan crecer. Así, van preparando el terreno para más vegetación, hasta que estas colonizadoras ya no encuentren condiciones de vida, y tengan que emigrar a otros sistemas de dunas móviles.

De esta manera, las playas y dunas con sus especies se mantienen a través de la alternancia histórica como médanos móviles así como estabilizadores junto con playas bajo erosión y en crecimiento. A lo largo de todo este proceso se mantiene la geomorfología ondulante que define las plantas que se establecen en las depresiones y en las cimas.

Como ingenieros, tenemos que sacar provecho de los recursos que contamos en la naturaleza, para que con ellos se consigan objetivos que mejoren nuestro medio de vida, por lo que analizando los factores influyentes de la zona, como el tener viento, arena y agua de mar, deberíamos buscar el optimizar su utilización para definir una alternativa que nos permita disminuir los gastos operativos de los equipos, que como sabemos, solucionan el problema del arenamiento, pero a un alto costo.

Con los elementos recurrentes de la zona, se ha tratado de utilizar estos recursos para viabilizar el proyecto, lo cual se materializa en la siguiente toma, en donde se nota que poco a poco se ha logrado reforestar el sector con el uso de agua salada, impulsada por motobombas, mitigando así el accionar del viento.



Foto 2.17 Reforestación parcial de prueba

2.5 Descripción de la solución adoptada

Se ha indicado que el problema del arenamiento ha estado vigente en el tramo del sector de Tanaka, desde hace muchos años, en el que necesariamente requería de la presencia de equipo pesado en ese lugar debido a la presencia de fuertes vientos de la zona, los cuales están en el orden de velocidad de 22 km. /hora alcanzando picos de velocidad de 34 km. /hora, que arrastran la arena de la playa hacia la carretera.

El problema del arenamiento que se da en Tanaka, el cual era muy conocido por los transportistas y/o conductores que pasaban por ese lugar, se había convertido en la zona de mayor arenamiento de la carretera Panamericana, en donde muchas veces durante la noche los vehículos inclusive se salían de la calzada, para perderse entre las dunas que se formaban. Éste fue desde el principio, el primer problema a solucionar con la participación del contratista – conservador a partir de junio del año 2010, quien asumió con plena responsabilidad, con el claro objetivo de controlar el arenamiento.

La empresa encargada del mantenimiento recibió esta zona en condiciones críticas, debido al arenamiento extremo que se presentaba en bermas y calzadas, el cual dificultaba en gran medida la transitabilidad de la vía, entre los kilómetros 578 al 583 de la carretera Panamericana Sur, donde si no se atendía oportunamente, se formaban dunas de grandes proporciones, con equipo pesado para la limpieza de la carretera, tal como se aprecia en la vecindad de la misma, en la siguiente foto.



Foto 2.18 Formación de dunas por acción del viento

Por este problema de intransitabilidad que se daba en este sector, se coordinó la acción inmediata de maquinaria pesada: tractor de orugas, cargador frontal y retroexcavadora. Estos equipos se dedicaron desde las primeras semanas a remover la arena provocada por las fuertes corrientes de vientos que azotan esta parte del litoral peruano y que se acumulan constantemente en la vía.

Inicialmente se desplazaba fuera de la carretera, un aproximado de 12,000 metros cúbicos de arena por semana, para luego optimizar los recursos y el control del arenamiento, gracias a los estudios del comportamiento del viento y el material de arrastre en las diferentes horas día

Tal como se ha indicado, primero, se construyó una pantalla de contención de 25 metros de ancho y 5 metros de altura a 80 metros del eje de la carretera hacia el mar, la cual retiene gran porcentaje de la arena que es arrastrada hacia la vía. Consecuencia de esta implementación, es que se redujo la cantidad de equipos en la zona mejorando que el volumen de arena desplazada de la carretera se redujera a un promedio de 6,500 metros cúbicos por semana.

En las siguientes imágenes se visualiza la construcción de los diques o domos de contención, utilizando la arena adyacente a la playa, creando una barrera al viento, la cual necesariamente debe ser mantenida con cortinas de agua que mitiguen la acción del viento.



Foto 2.19 - Preparación del dique a 100 m. de la vía. Altura del dique 5 m.



Foto 2.20 - Preparación del dique. Longitud alcanzada 210 m.

Esta implementación del proyecto, que se ha iniciado hace unos meses para mejorar y controlar el arenamiento, involucra el uso de riego por aspersión con agua de mar sobre la zona en estudio. Ello implicaba que, mojando la arena, ésta se mantendría compacta, para lo que experimentalmente, se habilitaron 2 diques de arena fuera de la carpeta a unos 100 metros aproximadamente, cada uno con una longitud de 25 m. de altura por 200 metros.

En las siguientes imágenes se visualizan las pruebas iniciales con los aspersores, para tener controlado y dirigido el riego y así poder conseguir el formar una pantalla de agua que impida el tránsito del viento.



Foto 2.21. Pruebas iniciales con los aspersores



Foto 2.22 - Evolución en las pruebas de aspersión

En uno de ellos se tendió una red de agua por aspersión y en el otro no se hizo nada, con el fin de comparar los resultado en ambos casos.



Foto 2.23 Inicio de pruebas de riego por aspersión en dique de prueba

Una vez mojada la arena del dique, parte de la que provenía de la playa era retenida por la cortina de agua que se formaba en el lomo del dique y la otra parte pasaba por encima del mismo hasta el otro lado de la carpeta, por acción propia del viento. Como resultado se observó una mínima acumulación de arena en la zona de prueba.



Foto 2.24- Comportamiento de la arena influenciada por el viento

Con estos resultados, el siguiente paso sería implementar un sistema de riego completo en la zona, con lo cual se estaría prescindiendo de uno de los dos cargadores frontales que operaban en Tanaka. De esta forma, el contratista-conservador, ahorraría horas-máquina de equipos pesados y de horas-hombre que los manejen, además de mejorar el paisaje en la zona, con la forestación de plantas que pueden sembrarse en las dunas húmedas.



Foto 2.25- Pozo para la extracción de agua salada altura de 1.10 m en la parte más profunda

Además se están utilizando recursos naturales y propios de la zona, y ya que se utiliza arena como contra duna y se extrae agua del mar para el riego, se sembraron plantas que crecían en el lugar donde el viento se encargó de la distribución del agua y de la arena.

El riego por aspersion se realiza en promedio durante 5 a 6 horas diarias, creando la pantalla de agua, que moja la arena y no permite su tránsito normal de oeste a este, por acción del viento, notándose un estancamiento del material.



**Foto 2.26 - Posición final de las tuberías de conducción.
Longitud de prueba estimada en 110 m.**

Actualmente se continúan realizando pruebas para implementar un sistema de control aprovechando las condiciones climatológicas de la zona y la flora de la misma, donde la meta es disminuir aún más el equipo mecánico en la zona. En estos momentos la vía en la zona de Tanaka se encuentra totalmente libre de arenamiento, garantizando seguridad y transitabilidad a los usuarios de la misma.



Foto 2.27 - Impacto visual del sector controlado.



Foto 2.28 Sector sin control.

2.6 Análisis de la solución planteada

El problema del arenamiento que se daba en la carretera Pamericana Sur, a la altura del kilómetro 580 que corresponde al sector de Tanaka, ha sido controlado en base a trabajos propios de mantenimiento rutinario con el uso de equipos y gracias a que se adoptaron soluciones que minimizaron el costo operativo, y también en favor a que se estudió durante casi dos años el comportamiento de los vientos en el sector analizado con el objeto de dar soluciones para este caso.

De esta manera vemos que se dan a conocer en informaciones periódicas de diciembre del 2009 el problema planteado y que se indicó interiormente el cual era controlado parcialmente por esas fechas, como lo podemos apreciar en las siguientes fotos.

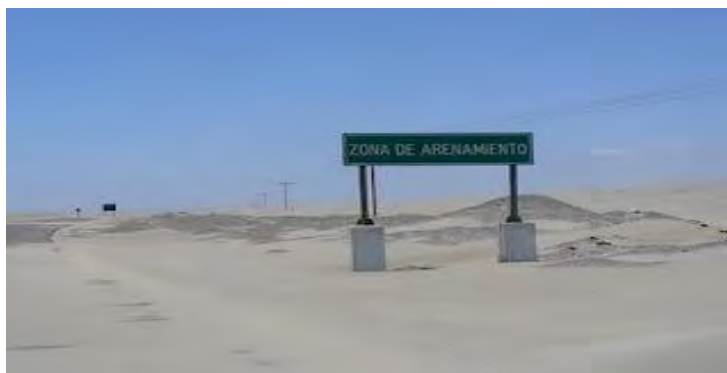


Foto 2.29 – Zona de arenamiento, lo dice el cartel.



Foto 2.30 - Arena acumulada en carpeta

En las imágenes anteriores se aprecia que la transitabilidad era restringida tanto por el accionar del viento de este sector como por la ubicación geográfica de la playa; pues son las laderas de cerro que la encajonan y que tiene una mínima pendiente de encuentro entre el litoral y el océano.

A manera de resumen, consideramos nuevamente el concepto del problema: el arenamiento, que se da por acción eólica, el cual es un fenómeno característico en la cuenca baja considerando su aridez y semiaridez en donde las masas de arena cubren gran parte de los terrenos, desde el litoral hasta los contrafuertes occidentales de la cordillera Andina. Sobre todo, en donde los fuertes vientos alisios ocasionan la invasión de la arena como en varios tramos de la carretera Panamericana cuya pendiente de playa es mínima, sobre todo en centros poblados tales como Tanaka.

Por ello, tuvimos que buscar una solución de Ingeniería que permita controlar el problema, utilizando los recursos de la zona, que ya han sido detallados, por lo que vamos a analizar a los elementos que intervienen y que hacen que los costos de mantenimiento de la carretera, en ese sector, bajen de una manera significativa.

Para ello hemos comparado los efectos que se tendrían en el gasto convencional con el uso solo de equipos pesados y la propuesta de utilizar parcialmente equipos, con el apoyo de riego por aspersión, con agua de mar de la zona de influencia de los vientos, lo que reduciría las horas y costos de operación de los mismos significativamente.

Al principio, los gastos de operación para controlar el arenamiento se basaban en el uso masivo de equipos pesados, tales como poseer, en el segundo semestre del 2010, en campo: 02 cargadores frontales y 01 retroexcavadora. Ésta, luego, fue reemplazada por 01 tractor sobre orugas en el año 2011, por no tener una adecuada eficiencia.

Operativamente, antes de que se proponga la solución planteada, descrita en el ítem anterior, estaban trabajando en campo los equipos que se describen a continuación:





Ítem: 1 Equipo: Marca: Modelo: Serie: Potencia: Capacidad: Rendimiento(gl/HM):	Cargador frontal SEM 659 125 220 HP - 2200 RPM 3m3 3.80	
Ítem: 2 Equipo: Marca: Modelo: Serie: Potencia: Capacidad: Rendimiento(gl/HM):	Cargador frontal SDLG LG 958 9006282 217 HP - 2200 RPM 3m3 3.74	
Ítem: 3 Equipo: Marca: Modelo: Serie: Potencia: Capacidad: Rendimiento(gl/HM):	Retroexcavadora Caterpillar 420E-BE PARA-01463 93 HP 0.85 m3 1.9	
Ítem: 3 Equipo: Marca: Modelo: Serie: Potencia: Capacidad: Rendimiento(gl/HM):	Tractor Oruga Komatsu D65EX-16 270 HP - 1950 RPM 4.5 m3 4.5	

Foto 2.31 – Equipos pesados, utilizados en Tanaka, para evitar el arenamiento

Con estos equipos, se ha mitigado el problema, pero esto implica un costo elevado, el cual será evaluado en el próximo capítulo, donde compararemos la propuesta que resultaría de utilizar pozos captadores de agua salada, bombeo y riego por aspersión, para disminuir el tránsito de los vientos en la zona analizada y con ello disminuir considerablemente el arenamiento de la carretera Panamericana.

Las siguientes fotos reflejan el hecho del sector analizado y el adyacente al puente Yauca, antes de la intervención del contratista– conservador, y después de ella.



Fotos 2.32 – Estado de la carretera, antes de la intervención.



Fotos 2.33 – Estado de la carretera, después de la intervención.

Las siguientes tomas grafican la intervención planteada: uso de equipos, con riego del sector analizado para solucionar el problema del arenamiento.

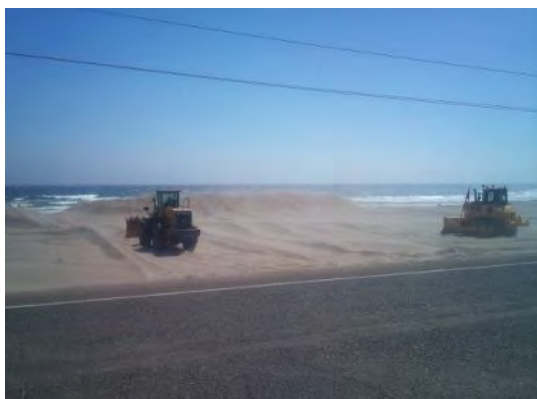


Foto 2.34 - Diques de resguardo

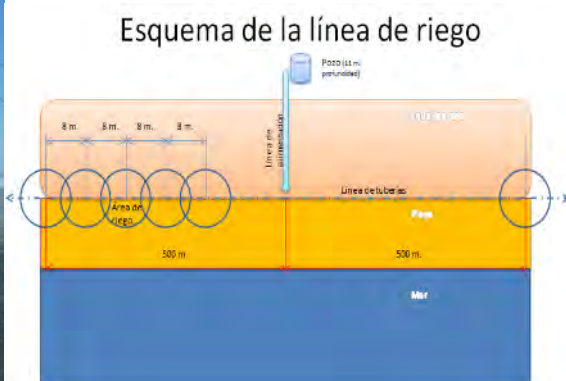


Foto 2.35 – Esquema de la línea de riego.

Prueba de aspersores seleccionados (Ubicación y distanciamiento entre aspersores)



Foto 2.36 - Prueba de aspersores

Área de testeo (aspersor trabaja con giro de 360° abarcando mayor área en ambos lados de la línea de tuberías)



Foto 2.37 - Área de solución analizada



Foto 2.38 – Área de riesgo de aspersores.



Foto 2.39 - Alcance línea de riego



Foto 2.40. – Distanciamiento de aspersores



Foto 2.41 – Dirección de riego

Las anteriores imágenes nos llevan a efectuar la evaluación económica de los costos operativos, tanto de la utilización convencional de uso masivo con equipos como la de utilizar la solución planteada con el uso de aspersores para regar la zona investigada, lo cual será tratado en el siguiente capítulo.

Capítulo 3

Evaluación de resultados

3.1 Evolución de costos en el mantenimiento

Cuando PROVIAS NACIONAL tenía a cargo los trabajos de mantenimiento en el tramo en estudio, antes de junio del 2010, por administración directa, utilizaba equipos pesados como tractores neumáticos y cargadores frontales con una antigüedad mayor a los 12 años de servicio, y con un limitado presupuesto para cubrir los gastos de combustibles, lubricantes, repuestos y otros, lo que implicaba tener una transitabilidad restringida, debido a la operatividad no confiable de los equipos.

En el siguiente cuadro se visualizan los gastos que realizaba PROVIAS NACIONAL para el mantenimiento del sector de Tanaka, con equipos propios y con la antigüedad indicada, con un promedio de gasto de 30,000 soles mensuales por reparaciones mayores, que se tenían que hacer de manera periódica.

Cuadro 3.1: Gasto/mensual estimado PROVIAS NACIONAL

Ítem	Insumo	Rendimiento	Cantidad	P.U	UN	Parcial
1	Tractor Neumático	40 gl/día	25 días	12.00	S/.	12,000.00
2	Cargador Frontal	30 gl/día	20 días	12.00	S/.	7,200.00
3	Operadores	mensual	2	1,400.00	S/.	2,800.00
4	Guardianes	mensual	2	800.00	S/.	1,600.00
5	Lubricantes	10 gl/mes	2	35.00	S/.	700.00
6	Mecánico	mensual	1	300.00	S/.	300.00
7	Repuestos y otros	mensual	1	1,500.00	S/.	1,500.00

Costo Total	S/.	26,100.00
-------------	-----	------------------

Este gasto limitado no permitía tener una adecuada transitabilidad, ya que la operatividad de los equipos no se daba de manera continua, al margen de ello, a veces existían problemas en los mismos, que hacían que se trabajase por horas y días de manera

parcial, por lo que los transportistas dependían muchas veces del azar para tener la vía libre y transitable, tal como lo muestra la foto siguiente de diciembre del año 2009.



Foto 3.1 – Carpeta y bermas con arena por limitado mantenimiento

Luego se cambió la modalidad a partir de junio del 2010, en donde el mantenimiento debería de darse por niveles de servicio, que exigía que la transitabilidad de la carretera sea continua, por lo que a la empresa contratista que se hizo cargo se le pidió tener equipos pesados que garanticen esa continuidad, debiendo ser equipos nuevos, para operar sin inconvenientes durante todo el día y en una cantidad suficiente, que garantice ese servicio.

Los contratos de conservación vial por niveles de servicio tienen como objetivo general alcanzar un adecuado nivel de transitabilidad de la red vial nacional a través de la ejecución permanente de actividades de mantenimiento rutinario, reparaciones menores, relevamiento de información y atención de emergencias viales, desarrollándose una cultura preventiva que evita el deterioro prematuro de las vías mediante intervenciones rutinarias y periódicas de manera oportuna. Esto significa, en la práctica, actuar permanentemente para mantener la carretera en óptimas condiciones de transitabilidad.

A partir de junio del 2010, donde se contrata a terceros el mantenimiento del tramo, el accionar y presencia de los equipos ha sido más constante, permitiéndoles controlar el efecto del arenamiento en los días que se presentaba, para lo que utilizaban en el segundo semestre del 2010: 01 retroexcavadora, 01 tractor oruga y 01 cargador frontal, para luego el 2011 tener en campo: 01 cargador frontal y 01 tractor oruga, cambiando este último por 01 cargador frontal, en donde a uno de ellos se le cambió la cuchara por una hoja topadora. Finalmente en el primer semestre del 2012 se mantuvo la misma cantidad, para que en noviembre del 2012, se mantenga solo en el frente de trabajo 01 cargador frontal con hoja topadora y 01 cargador frontal estándar.

La cantidad de equipos que el contratista – conservador mantuvo en los años precedentes y este, en el sector de Tanaka, se ilustra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.2 – Cantidad de equipos del contratista

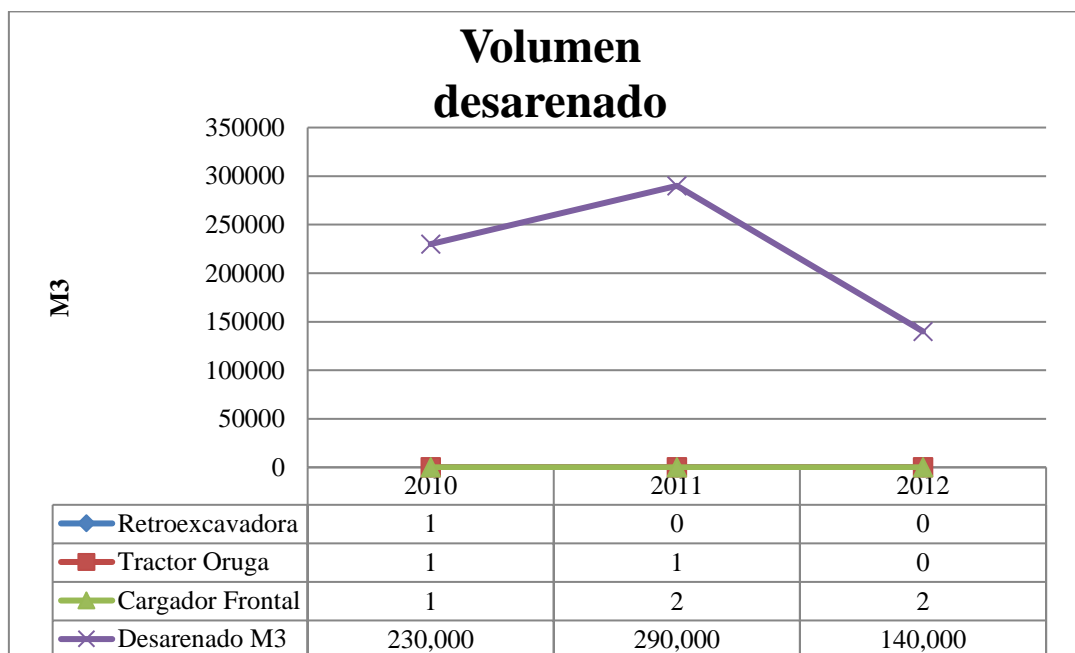
Equipo	2010	2011	2012
Retroexcavadora	1	0	0
Tractor Oruga	1	1	0
Cargador frontal	1	2	2

Los alcances del material movilizado en el desarenado, para poder cumplir con los niveles de servicio exigidos, se muestran en el siguiente cuadro, hasta el primer semestre del 2012.

Cuadro 3.3 – Volumen desarenado

Actividad	2010	2011	2012
Desarenado M3	230,000	290,000	140,000

En el siguiente gráfico, se visualiza lo indicado en los dos anteriores cuadros.

**Figura 3.1 – Volumen desarenado de carpeta y cantidad de equipos utilizados**

Controlar el arenamiento de la carpeta en el sector de Tanaka se basaba en el uso masivo de equipos pesados, pero éstos demandaban un costo elevado en su operación, por lo que se optó por cambiar en el segundo semestre del 2011, al tractor orugas por 01 cargador frontal con una hoja topadora, cuyo rendimiento estaba por el orden del 80 %, pero los costos del mantenimiento por la acción de los equipos disminuyó considerablemente. (Ver Foto 3.4 y 3.5)

En el siguiente cuadro se aprecian los gastos que demanda tener en operación el cargador frontal, en la zona de estudio de Tanaka.

Cuadro 3.4 – Costo de operación de cargador frontal

	Hora	Día	Mes	Año
Cargador	94.50	1,134.00	34,020.00	408,240.00
Operador	25.00	300.00	9,000.00	108,000.00
Combustible	36.00	432.00	12,960.00	155,520.00
Total S/.	155.50	1,866.00	55,980.00	671,760.00

**Foto 3.2 – Cargador frontal 220 HP**

El detalle de lo evaluado en el cuadro 3.4, es el siguiente:

- Costo operativo de cargador frontal: equivale a US\$ 35 la hora - máquina, que incluye el costo del equipo alquilado con su mantenimiento respectivo como aceites, filtros, repuestos y otros, como máquina seca.
- Costo de operador: 25 soles/hora con 48 horas semanales, esto igual a S/. 4800 nuevos soles mensuales que incluye alimentación y hospedaje. La empresa considera a este básico, el factor de 1.50 por ciento para cubrir costos de gratificaciones y beneficios sociales y además considera un porcentaje para el trabajo en horas extras.
- Consumo de petróleo, equivalente a 3 galones por hora.
- Trabajo efectivo diario de 12 horas, por lo que cada fila de la columna día, está multiplicando por 12 al valor definido en hora.
- Trabajo efectivo mensual de 30 días, por lo que cada fila de la columna mes, está multiplicando por 30 al valor definido en día.
- Trabajo efectivo anual de 12 meses, por lo que cada fila de la columna año, está multiplicando por 12 al valor definido en mes.

Por lo indicado, tener operativo 01 cargador frontal en la zona en estudio, equivale a un gasto mensual de S/. 55,980 y al año a la cantidad de S/. 671,760.

En el siguiente cuadro se aprecian los gastos que demanda tener en operación el tractor orugas, en la zona de estudio de Tanaka.

Cuadro 3.5 – Costo de operación de tractor orugas

	Hora	Día	Mes	Año
Turner	189.00	2,268.00	68,040.00	816,480.00
Operador	25.00	300.00	9,000.00	108,000.00
Combustible	72.00	864.00	25,920.00	311,040.00
Total	286.00	3,432.00	102,960.00	1,235,520.00



Foto 3.3 – Tractor orugas 270 HP

El detalle de lo evaluado en el cuadro 3.5 es el siguiente:

- Costo operativo de tractor sobre orugas, equivalente a US\$ 70 la hora - máquina, que incluye el costo del equipo alquilado con su mantenimiento respectivo: aceites, filtros, repuestos y otros, máquina en seco.
- Consumo de petróleo, equivalente a 6 galones por hora
- Costo de operador y trabajo efectivo diario, mensual y anual ídem a lo definido para el caso del cargador frontal

Por lo indicado, tener operativo 01 tractor sobre orugas en la zona en estudio, equivale a un gasto mensual de S/. 102,960 y al año a la cantidad de S/. 1'235,920.

Estos últimos valores mensuales, son los que sirven de parámetro comparativo del uso de equipos, frente a la utilización de los equipos de riego.

El cargador frontal con hoja topadora, se visualiza en las siguientes fotos:



Foto 3.4 – Cargador con hoja implementada



Foto 3.5 - Trabajos de desarenado con cargador

Con los equipos pesados indicados se ha mitigado parcialmente el problema, pero a un alto costo, tal como se aprecia en los cuadros 3.4 y 3.5, con un rango en promedio de los 800 mil soles anuales por equipos, por lo que se evaluó la opción de hacer el mantenimiento de forma alternativa, utilizando menos equipos y aplicando la propuesta que resultaría de utilizar pozos captadores de agua salada, bombeo y riego por aspersión, para disminuir el tránsito de los vientos en la zona analizada y con ello disminuir el arenamiento de la carretera Panamericana.

3.2 Costos de la mitigación

La empresa encargada del mantenimiento recibió la zona de Tanaka en malas condiciones, debido al arenamiento extremo que se presentaba en las bermas y calzada, lo cual se dificultaba en gran medida la transitabilidad de la carretera Panamericana entre los kilómetros 578 al 583, en donde se formaban dunas de grandes proporciones, que requerían la intervención y el accionar de equipos pesados para realizar tareas de desarenado de carpeta con prontitud y constancia.

Como ya se ha expresado en el capítulo anterior, en el ítem referente al análisis de la solución planteada, en buscar una solución recurrente que permita controlar el problema, para lo cual se utilizarían recursos de la zona y se compararían los efectos que se tendría en el gasto convencional con el uso solo de equipos pesados y el de la propuesta de utilizar parcialmente equipos, con el apoyo de riego por aspersión, con agua de mar para la zona con influencia de los vientos. Este asunto lo trataremos seguidamente, al efectuar la evaluación de los costos de su implementación.

Para ello, se construyeron diques o domos con la propia arena, creando pantallas de contención de 25 m. de ancho y 5 metros de altura a 100 metros del eje de la carretera hacia el mar, las cuales retenían gran porcentaje de la arena que era arrastrada hacia la vía.

Esta implementación del proyecto, que se ha iniciado hace unos meses, para mejorar y controlar el arenamiento, involucra el uso de riego con agua de mar, por aspersión a la zona en estudio. Ello implicaba que mojando la arena, ésta se mantenía compacta, por lo que se habilitaron 2 diques de arena. En uno de ellos se tendió una red de agua por aspersión y en el otro no se hizo nada, con el fin de comparar los resultados en ambos casos. Las siguientes fotos, ilustran la construcción de los diques indicados.



Foto 3.6 - Construcción del diques a 100 m. de la vía. Altura del dique 5 m.



Foto 3.7 – Vista longitudinal de los diques construidos

Una vez mojada la arena del dique, parte de la arena proveniente de la playa, es retenida por la cortina de agua que se formaba en el lomo del dique y la otra pasaba por encima del mismo, hasta el otro lado de la carpeta, por acción propia del viento. Como resultado se observó una mínima acumulación de arena en la zona de prueba.

Se están utilizando recursos naturales propios de la zona, ya que se usa arena como contra duna, se extrae agua de mar para el riego, y se sembraron plantas que crecen en el lugar. El viento se encargó de la distribución del agua, de la arena y el riego por aspersión se realiza en promedio durante 5 a 6 horas diarias, con picos de hasta 8 horas, creando la pantallas de agua, que mojan la arena y no permiten su tránsito normal de este a oeste, por acción del viento, notándose un estancamiento del material y siendo mínima la cantidad pasante. Además, la humedad se mantiene, lo que hace que no haya traslados en las noches y en las primeras horas del día siguiente.

Actualmente se continúan realizando pruebas para implementar un sistema de control aprovechando las condiciones climatológicas de la zona y la flora de la misma, donde la meta es disminuir aún más el equipo mecánico en la zona. La vía en la zona de Tanaka en estos momentos se encuentra totalmente libre de arenamiento, garantizando seguridad y transitabilidad a los usuarios de la vía.

La propuesta que resultó de utilizar pozos captadores de agua salada y bombeo para el riego por aspersión, con el fin de disminuir el tránsito de los vientos en la zona analizada y con ello disminuir considerablemente el arenamiento de la carretera Panamericana, es la que se ha utilizado para mitigar el problema, la que se ha originado bajo las condiciones climatológicas extremas de la zona. Como ingenieros, hemos realizado en campo pruebas que nos permiten disipar ese problema que se origina por los vientos, creando las condiciones de seguridad y confort para los usuarios que transitan por ese lugar.

En la siguiente foto se visualiza el área de riego y la línea de tuberías, utilizada para la mitigación planteada (espaciamiento de aspersores= 8 m).



Foto 3.8 – Tendido de tubería PVC – SAP para línea de riego

A continuación podemos apreciar la sustentación de la línea de riego en el siguiente esquema:

Esquema de la línea de riego

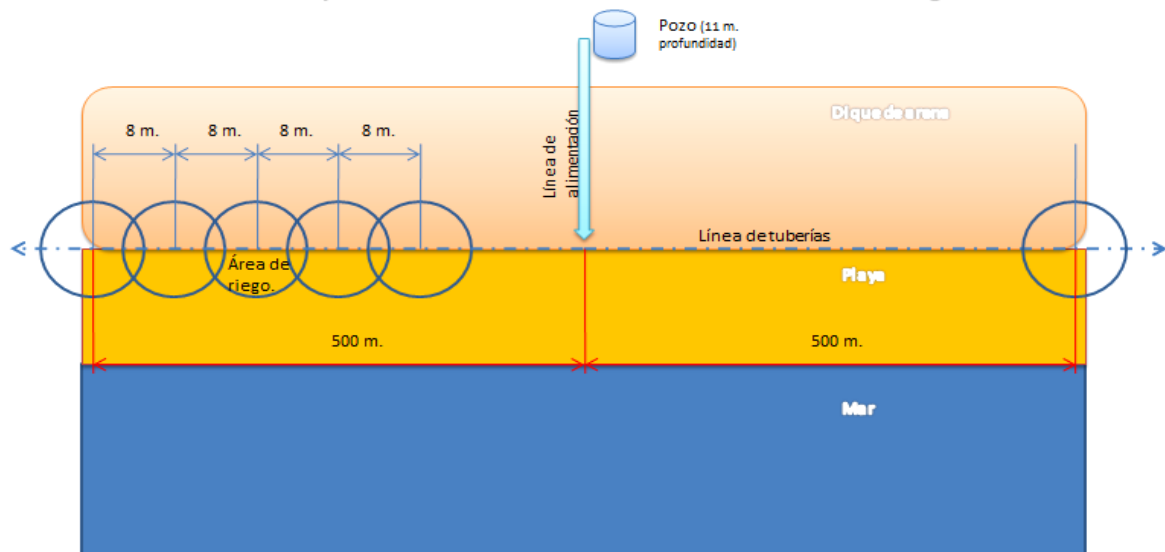


Figura 3.2 – Línea de riego de tuberías de riego por aspersión

En las siguientes fotos se visualiza, “*in situ*”, la secuencia de los trabajos hechos para poner en operatividad la propuesta



Fotos 3.9 – Área de riego de aspersores y alcance de riego



Fotos 3.10 – Distanciamiento de aspersores y pruebas para direccionar riego

En la siguiente foto se visualiza la pantalla de agua salada que impide el paso de la arena y que riegan el área forestada, creando un mejor paisaje al lugar.



Foto 3.11 – Pantallas de agua por riego por aspersión

Por lo indicado, haciendo un pequeño resumen de las acciones de mitigación asumidas por la empresa contratista y coordinadas con la supervisión, estas consistieron básicamente en lo siguiente:

- Inicialmente, se utilizaba 01 cargador frontal y 01 tractor oruga para controlar el arenamiento en la zona en estudio.
- Se construyó un muro de contención con la propia arena.
- Se construyó un pozo, el cual se llena por filtración de agua de mar.
- Se instaló una red de tuberías con aspersores.
- Por efecto del viento durante el riego, el viento arrastra el agua y forma una pantalla de agua, lo que ocasiona que cuando pasa la arena arrastrada por el viento, ésta se moja y al aumentar su peso se queda retenida antes de llegar al muro de contención o domo, tal como se lo ha definido anteriormente.
- En este año (2012), se devolvió el tractor oruga y ahora se trabaja con 02 cargadores frontales.
- Se sembró una planta de la zona, la cual se mantiene y riega con el agua marina.
- La meta es implementar completamente el sistema de riego y eliminar, o dejar de usar, 01 cargador frontal y quedarse con uno solo y así, disminuir los costos del mantenimiento.

Las anteriores imágenes nos llevan a efectuar la evaluación económica de los costos operativos en la utilización del sistema de riego planteado.

Cuadro 3.6 – Implementación del sistema de riego

Insumo	Un	PU	Total
Tubería y accesorios	6.00	8,850.00	53,100.00
Pozo	3.00	15,340.00	46,020.00
Equipo	6.00	22,000.00	132,000.00
Otros	6.00	5,310.00	31,860.00
Total	S/.		262,980.00

El proyecto consiste en la construcción de 3 pozos para mitigar una longitud de 3 km, espaciados cada uno de ellos a 1 km., con un radio de acción de 1 km cada uno.

En el siguiente esquema se visualiza lo expresado.

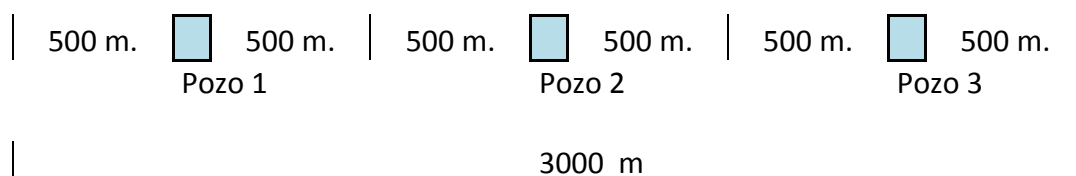


Figura 3.3 – Distribución de pozos para sistema de riego

En el cuadro 3.6 se han considerado los siguientes conceptos:

- Tubería y accesorios: Son 6 los segmentos de tubería PRES PVC160/140/110/90/75/63 milímetros, con aspersores a cada 8 metros, para mojar una longitud de 500 metros
- Pozo: Se construyen 3 pozos anillados de un diámetro de 1 m., con un radio de acción de 1000 metros cada uno, cubriendo la longitud a mojar de 3 Km., y con una profundidad de 10 metros.
- Equipo: Son 6 bombas de motor de 35 HP, marca “*Lister Petter TR3*”, cuyo modelo se visualiza en la foto 3.12 con diámetros de succión y descarga de 2 pulgadas. Trabajan 3 equipos y los otros se reservan en el campamento.
- Otros: Se refiere a 6 consistentes en caseta de bombas y equipos menores para la operabilidad del sistema de riego.

La cotización de precios actualizada (nov. 2012) es la siguiente:

- Motobomba “*Lister Petter*” - 35 HP: S/. 22,000.00
- Fabricación de pozo anillado de concreto de 10 metros de profundidad cada uno: S/. 15,340.00.
- Caseta de concreto para bomba: S/. 4,720.00
- Tuberías de conducción: S/. 10,620.00 para 1 Km.
- Sistema de distribución de aspersores: S/. 7,080 para 1 Km.
- Traslado, instalación y otros: S/. 5,310 por cada sistema de riego.

Con los valores anteriores se elabora con un análisis de costos, los valores que se expresan en el cuadro 3.6, para calcular el gasto de implementación del sistema de riego. La siguiente foto, visualiza la motobomba a implementar.



MOTOR MARCA LISTER PETER COMBUSTIBLE DIESEL POTENCIA 35HP #PISTONES 4
BOMBA MARCA HIDROSTAL CAUDAL 35 litros/seg ALTURA TOTAL 30m

Foto 3.12 – Motobomba de 35 HP

A partir del cuadro 3.6, este nos conduce a tener los gastos anualizados de la propuesta, para tener finalmente un costo expresado en soles.

Cuadro 3.7 – Gastos operativos de riego

Insumo	Hora	Día	Mes	Año
Bomba			7,305.00	87,660.00
Combustible	72.00	576.00	17,280.00	207,360.00
Total S/.	72.00	576.00	24,585.00	295,020.00

En el cuadro 3.7 se han considerado los siguientes conceptos que explicamos a continuación:

- El costo mensual de la bomba resulta de dividir el costo total de implementación del sistema de riego por 36 meses, que es el tiempo de operación entre los meses de julio del 2012 a junio del 2015, que es cuando finaliza el contrato.
- El costo operativo anual de la bomba resulta de anualizar el valor mensual.
- El costo del combustible, resulta de multiplicar 2 gl/hora x 3 x 12, en donde el rendimiento es de las bombas es de 2 galones/hora, siendo 3 las que se utilizan y 12 es el precio del galón de combustible.
- Luego, se calculan los valores por día (x8), por mes (x30) y por año (x12)
- Finalmente, se calculan los totales de los gastos por hora, día, mes y año

El indicado cuadro nos indica que el gasto anualizado del uso del sistema de riego es de S/.295, 020 soles, que nos servirá para hacer la comparación con el uso de equipos de acuerdo a la proyección del proyecto a implementarse.

3.3 Comparación de gastos

La evaluación que se ha hecho, tanto para la utilización total de equipo pesado y la de hacerla comparativamente con la utilización parcial y la uso de equipos de bombeo y riego que ayuden a resolver el problema de arenamiento, nos conduce a visualizar en el siguiente cuadro las diferencias que se dan en la inversión y operación de las mismas.

Cuadro 3.8 – Comparativo en el tiempo

Ítem	Año	Uso de sistema de riego			Uso de equipo	Ahorro anual
		Implementación	Operación	Total		
1	2012	43,830	103,680	147,510	617,760	470,250
2	2013	87,660	207,360	295,020	1,235,520	940,500
3	2014	87,660	207,360	295,020	1,235,520	940,500
4	2015	43,830	103,680	147,510	617,760	470,250
Total		262,980	622,080	885,060	3,706,560	2,821,500

Los valores expresados en el cuadro anterior resultan de los cálculos, que se hacen para la implementación y operación del sistema de riego, desde julio del 2012, todo el año del 2013 y 2014 y hasta junio del 2015, fecha en que se concluye el contrato:

- En el año 2012, el valor de implementación resulta de multiplicar el valor mensual de la bomba del cuadro 3.7 por 6 meses. Ídem, para el caso del combustible, y lo que se expresa en el uso de equipo resulta de multiplicar el valor mensual de operación del tractor oruga (que aparece en el cuadro 3.5), por 6 meses.
- Para los años 2013 y 2014, las multiplicaciones se hacen por los 12 meses.
- Para el año 2015, la multiplicación se hace para 6 meses
- En la columna de ahorro anual, es la diferencia en gasto previsto entre el uso del sistema de riego con el uso de equipo pesado, para cada año.

De esta forma, comparativamente tenemos que utilizando el sistema de riego en la zona en estudio, frente al uso del tractor orugas, nos da un ahorro en lo que resta del proyecto, hasta junio del 2015 de S/. 2'821,500.00.

Esta estimación, hecha de forma similar para el caso de hacerla con un cargador frontal, la cual está en plena ejecución, nos representa un ahorro en lo que resta del proyecto, hasta junio del 2015 de S/. 1'130,220.00.

El proyecto del contratista – conservador, es la de tener en la zona en estudio, ubicada en Tanaka, implementado y operando a tiempo completo el sistema de riego, para evitar el uso de equipos, y solo dejar 01 cargador frontal, para trabajos eventuales, con lo que se mejorara el medio ambiente y se asegurara transitabilidad completa en ese sector.

3.4 Necesidad de adoptar la solución planteada

La importancia de realizar labores de mantenimiento en las carreteras, bajo el sistema de niveles de servicio que tengan un adecuado nivel de transitabilidad de la red vial nacional a través de la ejecución permanente de actividades de mantenimiento rutinario, reparaciones menores, relevamiento de información y atención de emergencias viales, lo cual nos ha permitido plantear soluciones que mitiguen completamente el problema del arenamiento que se presentaba en Tanaka, que merecía atención e intervención, debido

a la transitabilidad restringida que se tenía en ese sector antes del año en que se implementó el sistema de niveles de servicio.

Las siguientes imágenes reflejan el problema que se tenía y ya se ha resuelto.



Foto 3.13 – Estado de la carretera en Tanaka, antes de junio del 2010

La necesidad de asumir una solución que resuelva el problema, se ha efectivizado a partir que el contratista – conservador se hizo cargo de las tareas de mantenimiento, en donde al principio planteó el uso masivo de equipo pesado, el cual demandaba un costo elevado de operación, por lo que con las condiciones extremas con que se contaba por la acción constante del viento, se probaron alternativas que haciendo uso de los recursos del lugar, nos permitan reducir esos costos, con una solución de Ingeniería analizada.

Esa solución utiliza los recursos del lugar, como la arena en la construcción de diques, el agua de mar; para regar y crear pantallas de agua que impiden el tránsito de la arena por el viento y además mejoran el medio ambiente. Forestando el sector con plantas que crecen y se adecuan a las condiciones climatológicas de Tanaka; conlleva a conseguir reducir los gastos operativos de los equipos pesados y tener la carretera transitabile, segura y con confort para todos los usuarios que hacen uso de ese tramo de la Panamericana Sur.



Foto 3.14 – Estado actual de la carretera en el sector de Tanaka

Finalmente, debemos precisar, que como ingenieros, hemos utilizado los recursos con que contamos en la naturaleza, para que con ellos, se consigan objetivos que mejoren nuestro medio de vida, por lo que analizando los factores influyentes de la zona, como son: el viento, la arena y agua de mar, hemos optimizado su utilización y nos ha definido una solución que permite disminuir los gastos operativos de los equipos.

La siguiente foto nos refleja lo anteriormente citado.



Foto 3.15 – Solución para el arenamiento en la carretera Panamericana Sur, kilómetro 580 - Tanaka.

Conclusiones

- Ante el serio problema de transitabilidad, que se daba por la ubicación del trazo de la carretera en un sector paralelo a la ribera del mar y muy próximo a ella, y que requería el planteamiento de soluciones que garanticen el tránsito normal, de los vehículos motorizados, se plantearon posibles soluciones, utilizando los recursos propios del lugar que nos condujeron a resolver el problema en el más corto plazo y con el menor costo, reduciendo los gastos que involucra la utilización en demasía, de equipos pesados que son los de mayor incidencia.
- Utilizando equipo pesado, tal como cargadores frontales, retroexcavadoras, tractores sobre orugas o neumáticos, en buenas condiciones operativas, es posible controlar el arenamiento de una carretera con continuidad en el trabajo, pero a un alto costo operativo.
- Para mitigar el arenamiento en carreteras asfaltadas, en donde las condiciones climatológicas son extremas, hemos realizado en campo pruebas que nos han permitido solucionar ese problema que se origina por los vientos, creando las condiciones de seguridad, transitabilidad y confort para los transportistas y pasajeros que transitan por ese lugar.
- Como ingenieros, tenemos que sacar provecho de los recursos que contamos en la naturaleza, para que con ellos se consigan objetivos que mejoren con nuestro medio de vida, por lo que analizando los factores influyentes de la zona, como el tener viento, arena y agua de mar, hemos encontrado la forma de optimizar su utilización para definir una solución que nos ha permitido disminuir los gastos operativos de los equipos, que como sabemos y hemos analizado, solucionan el problema del arenamiento, pero a un alto costo
- Se han trabajado soluciones que disminuyen el arenamiento con elementos que hay en el lugar, planteando la reforestación parcial del sector, para lo cual se han sembrado con elementos cultivables las dunas trabajadas, utilizando riego por aspersión de agua de mar, con motobombas, logrando disminuir el gasto en equipos para el mantenimiento y sobre todo, controlando el arenamiento en la carretera y zonas adyacentes.

- Actualmente se continúan realizando pruebas para implementar un sistema de control, aprovechando las condiciones climatológicas de la zona y la flora de la misma, con la meta de disminuir aún más el equipo mecánico en la zona. La vía en la zona de Tanaka, en estos momentos, se encuentra totalmente libre de arenamiento, garantizando seguridad a los usuarios de la vía.
- Es importante en este trabajo el aporte que otorgamos brindando un adecuado estudio sobre el nivel de mantenimiento para las carreteras de nuestro país, que son el patrimonio de todos los usuarios de la misma y resaltar que en base a los planteamientos vertidos en la investigación, se ha logrado tener transitable el sector de la carretera Panamericana Sur en Tanaka.
- Es posible la utilización futura del viento en el sector de Tanaka hasta el sector de Lomas, aproximadamente 40 Km, en donde se podrían instalar molinos de viento que generen energía eléctrica, y con ella se posibilite una interacción del uso de esa energía para poder reforestar los desiertos con vegetación de esa zona. Este tema, puede ser ampliado como otro tema de investigación, sacando provecho de las condiciones adversas en el clima en beneficio de la población de ese sector.
- Los contratos por niveles de servicio han cumplido, a la fecha, su propósito con el mantenimiento, ya que se han implementado actividades que con la participación proactiva, de apoyo y de continua coordinación entre la supervisión y el contratista – conservador, permiten obtener transitabilidad continua en todo el tramo en beneficio de los usuarios de la carretera, que son el objetivo a satisfacer, dándoles seguridad y confort.

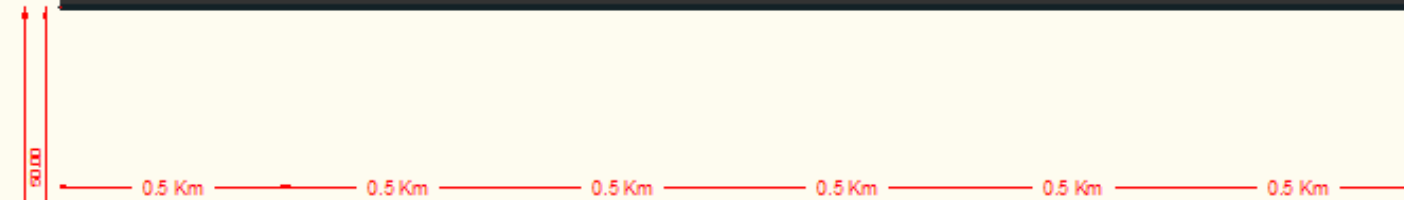
Bibliografía

- **CRESPO DEL RÍO**, Ramón. “Jornadas sobre calidad en el proyecto por la construcción de carreteras”, 1999.
- **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES**. “Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras”, 2007.
- **SUZUKI**, David y **VANDERLINDEN**, Kathy. “Tú eres la tierra. Mejora el planeta del que formas parte”, 2005.
- **ALDAVE PAJARES**, Augusto. “Medio ambiente y desarrollo sostenible”, UNMSM, 2008.
- **GÓMEZ OREA**, Domingo y **GÓMEZ VILLARINO**. “Consultoría e Ingeniería Ambiental”, 2009.
- **INGEMMET**. “Inundaciones y arenamientos”, 2010.
- **PULACHE VÍLCHEZ**, Wilmer. “Vientos extremos en la costa peruana, causa y efectos”, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), 2010.
- **Páginas webs de centrales eólicas:**
<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo4a.html>
<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo4b.html>

DISTRIBUCION DE POZOS PARA SISTEMA DE RIEGO



Tanaka
Km. 583+000



P-1

P-2

P-3

LEYENDA

	ASPERSOR
	POZO



ING. JULIO GERMÁN BECERRA GARCÍA