

"ESTUDIOS, DISEÑOS Y CONSTRUCCIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL ENRIQUE MALEK"



Ing. Fabián Schvartzer

Ing. Pablo Stubelj

Ing. Alejandro Iregui



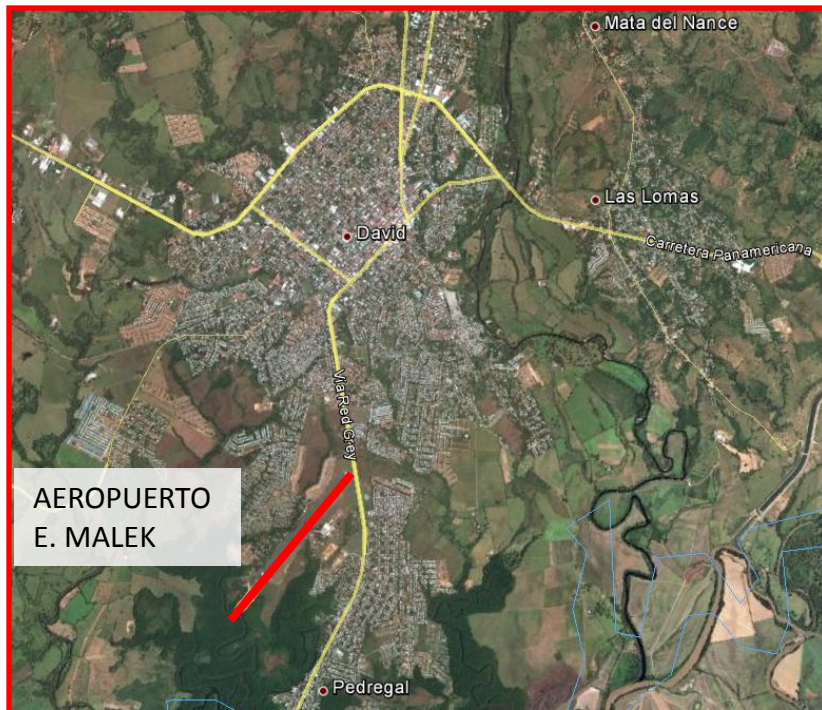
PROYECTOS Y ESTUDIOS ESPECIALES S.A.

riva s.a.

**IX Seminario ALACPA de Pavimentos Aeroportuarios,
VII Taller de Pavimentos de la Federal Aviation Administration
II Curso Rápido sobre Mantenimiento de Pavimentos de Aeropuertos**

Ubicación:

- El Aeropuerto Internacional Enrique Malek se encuentra ubicado sobre una sabana al Sur de la ciudad de David y al Norte del Estero de Pedregal.
- Es el tercer aeropuerto de Panamá, en tráfico aéreo y en términos de pasajeros transportados, y el único de la provincia de Chiriquí.



Objetivo:

“El objetivo del proyecto es la adecuación del Aeropuerto Internacional Enrique Malek, para que brinde un servicio eficiente y de calidad a sus usuarios, logrando de esta forma abarcar un porcentaje mayor de la demanda actual que existe para esta región del país y las regiones aledañas a esta”.

Alcances:

Rehabilitación de la Calle de Rodaje:

- Se busca que el tráfico aéreo de menor porte que posee en la actualidad el Aeropuerto utilice este Rodaje como Pista alternativa durante la ejecución de las Obras en la Pista Principal.

Reforzamiento de los Pavimentos de la Pista y de la Calle de Rodaje de Acceso a la Plataforma:

- Satisfacer el periodo de diseño indicado en los Términos de Referencia.

Extensión de la Pista en 500 metros de longitud y construcción de giro en umbral 04:

- Incrementar la capacidad operativa del aeropuerto.

Infraestructura:



Se observa el proceso de obra a Enero de 2011 desde la imagen satelital.

Pautas del Pliego:

Etapas I: Rehabilitación de Calle de Rodaje Existente para su utilización como Pista auxiliar durante la rehabilitación de Pista.

- 1820 metros de largo.
- 20 metros de ancho.
- Tres calles de rodaje perpendiculares con longitudes de 45 metros y anchos de 45 y 30m. Esta rehabilitación se realizó en definitiva en la Etapa II, de forma de poder considerar las modificaciones en los bordes tanto de la Pista como del Rodaje lateral.

Etapas II: Reforzamiento del pavimento de la Pista existente y calle de rodaje que comunica la pista con la plataforma.

Pista existente:

- Longitud: 2,100 metros.
- Ancho: 45 metros.

Calle de Rodaje de pista a plataforma:

- Hombros ≥ 5 metros de ancho a cada lado.
- Evaluación de drenaje pluvial existente.

Pautas del Pliego:

Etapas III: Extensión de Pista

- Longitud: 500 metros.
- Ancho: 45 metros.
- Áreas de seguridad (RESA) 100 m.
- Franjas de pista 100 m, 50 m a cada lado del eje central.
- Hombros de Pista: 7.50 metros a cada lado.

Diseño del Sistema de luces de extensión de pista:

- Reubicación del sistema PAPI.
- Adecuación de las luces de la extensión de pista.
- Evaluación de la necesidad de un nuevo regulador.



Tráfico Aéreo Pliego:

Tráfico Aéreo indicado en Pliego:

(Para Rehabilitación de Pista y para Extensión)

- Vida útil de 25 años.
- 10 operaciones diarias.
- Aeronave crítica: B757-300.



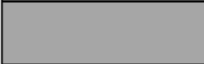
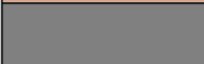


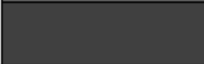
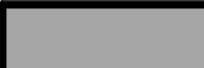
Sectores en Hormigón. Buen estado general.

Tratamiento Bituminoso. Fisuración.

Diseño de Obras:

Se diseña considerando el escenario más perjudicial desde el punto de vista estructural, es decir, la extracción de 10,0 cm totales de estructura existente para su reemplazo con las nuevas capas.

	CAPA	ESPESOR
	Refuerzo Concreto Asfáltico	5,0 cm
	Concreto Asfáltico Existente	5,0 cm
	Tosca Compacta	15,0 cm (aprox.)
	Suelo Natural	XXX

	CAPA	ESPESOR	Se extrae en profundidad necesaria por altimetría
	Refuerzo Concreto Asfáltico	5,0 cm	
	Base Asfáltica nueva	5,0 cm	
	Tratamiento Bituminoso	2,0 cm (aprox.)	
	Tosca Compacta	15,0 cm (aprox.)	
	Suelo Natural	XXX	

Evolución de las Obras - Fisuras:

Durante la etapa de Diseño, se había solicitado considerar la aplicación de una capa antifisura, de modo de evitar la propagación de la fisuración existente.

Sin embargo, se procedió únicamente al sellado y posterior refuerzo.

Como se observa en las imágenes, luego de 2 años y medio de habilitada, teniendo en cuenta el incremento en el tráfico no previsto, la carpeta no presenta fisuración refleja.

Incremento no previsto en el diseño:

- 3 vuelos diarios de Fokker 70 desde mediados de Abril 2011, en reemplazo del Dash 8

Situación Previa:



Situación Actual (2012):





Estado actual.

Bibliografía y Experiencias:

- **Recalibration of the Asphalt Layer Coefficient**
Kendra Peters-Davis
Dr. David H. Timm, P.E.
RESEARCH SYNOPSIS 09 – 03
National Center for Asphalt Technology
- **Comparison of Airfield Flexible Pavement Design Thickness based upon differing Agency Limiting Subgrade Strain Criteria**
Claudia E. Zapata, Ph.D.
Assistant Professor, Geotechnical Engineering, Department of Civil, Sustainable and Environmental Engineering, Arizona State University, Tempe, AZ.
- **Aeropuerto de Mendoza, Argentina – Pista y calle de rodaje**
- **Aeropuerto Ezeiza, Argentina – Calle de rodaje**

Obras Complementarias:

Cuneta Trapezoidal:

Canalizar el agua de precipitación que escurre de forma superficial desde la Pista 04-22 hacia la calle de rodaje.

Completamiento con Suelo de los hombros, en un ancho de 2,50 m y en espesor variable:

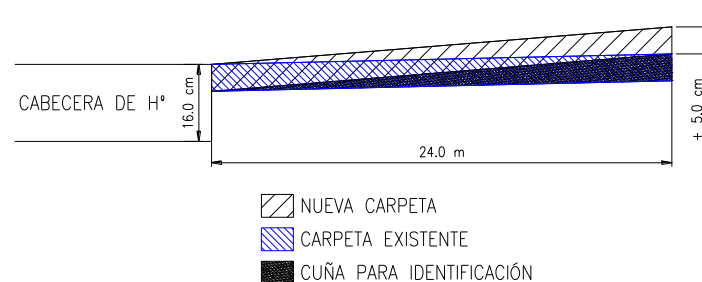
Enrasar con la nueva cota de borde de la carpeta.

Completamiento del perfil de las Franjas con Suelo:

Eliminar depresiones, que puedan:

- Convertirse en obstáculos en caso que alguna aeronave realice un fuera de pista.
- Puntos de acumulación de agua estanca.

Identificación de pista provisoria con cabeceras de Hormigón:



Diseño Geométrico:

OBJETO → **REHABILITACIÓN DE LA CALLE DE RODAJE PARA SER UTILIZADA COMO PISTA AUXILIAR**

**NORMALIZACIÓN SEGÚN
ANEXO14, VOL. 1 - OACI**

**NÚMERO Y CLAVE DE
REFERENCIA**

LIMITANTE

**INFRAESTRUCTURA
EXISTENTE**

• **ANCHO**
• **SECCIÓN TRANSVERSAL**
• **PENDIENTE LONG.**

PARAMÉTROS DE DISEÑO

- **ANCHO DE PISTA PROVISORIA= 20 metros**
- **SECCIÓN TRANSVERSAL UNIFORME= 1,2 %**
- **PENDIENTE LONG.= NORMALIZACIÓN s/OACI (Sin curvas verticales)**

Etapa II - Diseño:

Reforzamiento del pavimento de la Pista existente y calle de rodaje que comunica la pista con la plataforma.

- **2100 metros de largo.**
- **45 metros de ancho.**

**Historia Constructiva de la Pista:
Año 1999, previo a obras:**

Este Cabecera 22		Oeste Cabecera 04
Hormigón	Tratamiento Doble	Hormigón
300 m		244 m
1800		

Luego de las Obras de 1999:

Este Cabecera 22		Oeste Cabecera 04
Concreto Asfáltico en 5,0 cm		
Hormigón	Tratamiento Doble	Hormigón
300 m		244 m
1800		300 m



Fisuración.

Commercial Airplanes

757-300 Technical Characteristics

757-300

Passengers	Typical 2-class configuration	243
	Typical 1-class configuration	200
Cargo		2,370 cu ft (67.1 cu m)
Engines	Rolls-Royce RB211-535E4B	43,500 lb (193.5 kN)
	maximum thrust	
	Pratt & Whitney PW2037	38,800 lb (162.8 kN)
	Pratt & Whitney PW2040	40,100 (178.4kN)
	Pratt & Whitney PW2043	42,600 lb (189.4 kN)
	Maximum Fuel Capacity	11,468 gal (43,400 l)
	Maximum Takeoff Weight	272,500 lb (123,600 kg)

Aeronave	MTOW (Lbs)	Despegues Diarios	Tráfico Anual	Total Periodo
Boeing 757-300	272,500	5	1825	45625
Basic Dimensions				
Wing Span	124 ft 10 in (38.05 m)			
Overall Length	178 ft 7 in (54.5 m)			
Tail Height	44 ft 6 in (13.6 m)			
Interior Cabin Width	11 ft 7 in (3.5 m)			
Body Exterior Width	12 ft 4 in (3.7 m)			

Reforzamiento del pavimento de la Pista existente y calle de rodaje que comunica la pista con la plataforma.

Tráfico Aéreo de Diseño:

• **Vida útil de 25 años, Crecimiento 20% anual.**

• **5 despegues por día.**

• **Aeronave de Diseño: B757-300.**

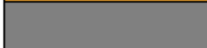
• **0+300 a 2+000 (considerando extensión)**

Carga máxima de 272,500 libras.

Estructuras Existentes:

Tipos de Estructuras Existentes:

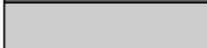
Zona 1: Prog. 0+000 a 0+300.

	CAPA
	Concreto Asfáltico
	Hormigón
	Suelo Selecto
	Suelo Natural

Zona 2: Prog. 0+300 a 1+556.

	CAPA
	Concreto Asfáltico
	Base Granular
	Suelo Selecto
	Suelo Natural

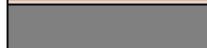
Zona 3: Prog. 1+556 a 1+800.

	CAPA
	Concreto Asfáltico
	Hormigón
	Suelo Selecto
	Suelo Natural

Zona 4: Prog. 1+800 a 2+100.

	CAPA
	Concreto Asfáltico
	Base Granular
	Suelo Selecto
	Suelo Natural

Rodaje Acceso a Plataforma:

	CAPA
	Concreto Asfáltico
	Base Granular
	Suelo Natural



Estructuras Existentes:

Características de la Subrasante:

RESUMEN DE RESULTADOS

				RESULTADOS DE LOS ENSAYOS (Results of the tests)		
SECTOR (Sector)	MUESTRA (Sample)	ESTACION (Station)	PROFUNDIDAD (Depth)	RELACION DENSIDAD HUMEDAD (Density - Moisture Relation) STD ASTM T - 99	CALIFORNIA BEARING RATIO (STD ASTM D - 1883)	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA of the sample) (Information				Densidad Max. (Maximum Dry Density) (%)	Humedad Optima (Maximum Moisture) (%)	(%)
Aeropuerto Enrique Malek	1	0k+250	Subrasante	89.6	27.7	17.7
	3		Subrasante	79.6	34.1	20.4
	4	1k+600	Subrasante	93.8	26.7	16.3

Subrasante = S. Selecto de Terraplén = CBR 10 % (margen de seguridad)

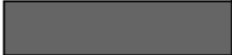


4 12 2010

Obras Complementarias:

Ampliación Cabecera 22:

Para este sector, se genera un diseño de pavimento nuevo, asignado el total del tráfico y aplicando el MTOW.

	CAPA	ESPESOR
	Concreto Asfáltico	10,0 cm
	Base Granular	15,0 cm
	Subbase Granular	17,0 cm
	Subbase Suelo Selecto	20,0 cm
	Suelo Natural	XXX

Rodaje de Acceso a Plataforma: No requiere de refuerzos estructurales. Tareas de mantenimiento: Sellado de Fisuras y Bacheos.

Plataforma de Hormigón: Se propone Sellado de fisuras y Toma de Juntas.

Calles de Rodajes perpendiculares a la Pista 04-22: Se realizará la identificación.

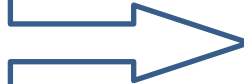
Para el Rodaje Transversal N° 2 se propone una obra de ensanche a 30,0 m de ancho y refuerzo, con la siguiente estructura:

- Carpeta de Concreto Asfáltico en 5,0 cm de espesor.
- Base Asfáltica en 5,0 cm de espesor.
- Base Granular en 15,0 cm de espesor.

Diseño Geométrico:

OBJETO  **REHABILITACIÓN DE PISTA 04-22 Y CALLE DE RODAJE DE ACCESO A PLATAFORMA**

**NORMALIZACIÓN
SEGÚN ANEXO14,
VOL. 1 - OACI**



**NÚMERO Y CLAVE DE
REFERENCIA**

4 - D

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

- **Corrección de pendientes, tanto transversal como longitudinalmente, respetando espesor mínimo requerido.**
- **Pendiente transversal de forma convexa, uniforme del 1,1%.**
- **No es necesaria la inclusión de curvas verticales.**
- **Respetar la distancia mínima entre vértices exigida por la norma.**
- **Los márgenes se desarrollan en los primeros 3 metros con una pendiente del 5 % para favorecer el drenaje superficial y luego completar el ancho del margen siguiendo una pendiente del 3 % respecto de un plano horizontal.**
- **Identificación entre la calle de rodaje paralela a la pista con la zona verde para de esta forma permitir que el agua de precipitación escurra de forma superficial desde la pista por sobre la calle de rodaje, siguiendo su drenaje natural.**

Fin Etapas I y II:



Etapa III - Diseño:

Ampliación en Cabecera 04 en 500 m y la construcción del umbral de giro en dicha cabecera.

Historia Constructiva de la Pista:

Año 1999, previo a obras:

Este Cabecera 22		Oeste Cabecera 04
Hormigón	Tratamiento Doble	Hormigón
300 m		244 m
1800		

Luego de las Obras de 1999:

Este Cabecera 22		Oeste Cabecera 04
	Concreto Asfáltico en 5,0 cm	
Hormigón	Tratamiento Doble	Hormigón
		Extensión
300 m		244 m
		300 m
1800		

Obra Extensión:

2100 m	500 m
Proyecto Extensión	

Etapa III - Diseño:

Ampliación en Cabecera 04 en 500 m y la construcción del umbral de giro en dicha cabecera.

Tráfico Aéreo de Diseño:

- **Vida útil de 25 años; Crecimiento: 0% anual.**
- **5 despegues por día y 10 despegues por día (se analizan ambas opciones)**
- **Aeronave de Diseño: B757-300.**
- **Carga máxima de 272,500 libras.**

Aeronave	MTOW (Lbs)	Despegues Diarios	Tráfico Anual	Total Periodo
Boeing 757-300	272,500	5	1825	45625

Aeronave	MTOW (Lbs)	Despegues Diarios	Tráfico Anual	Total Periodo
Boeing 757-300	272,500	10	3650	91250

Características de Subrasante:

RESUMEN DE RESULTADOS

				RESULTADOS DE LOS ENSAYOS (Results of the tests)								
SECTOR (Sector)	MUESTRA (Sample)	ESTACION (Station)	PROFUNDIDAD (Depth)	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Sieve Analysis) ASTM C136		LÍMITES DE ATTERBERG (Atterberg of Limits) ASTM D4318			CLASIFICACIÓN (Classification)	RELACION DENSIDAD HUMEDAD (Density - Moisture Relation) STD ASTM T - 99		CBR (California Bearing Ratio) STD ASTM D - 1883
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA (Information of the sample)				% que pasa Tamiz No 4	% que pasa Tamiz No 200	LL %	LP %	IP %	H.R.B.	Densidad Max. (Maximum Dry Density) (lb/pe ³)	Humedad Óptima (Maximum Moisture) (%)	(%)
<i>M - 1 (Posible Selecto)</i>	1			100.00	80.70	58.00	48.20	9.80	A5 (13)	72.40	41.20	29.20
Pista de Aterrizaje	1	0k + 250	Subrasante							89.60	27.70	17.70
	2		Subrasante							85.80	31.30	11.80
	3		Subrasante							79.60	34.10	20.40
	4	1k + 600	Subrasante							93.80	26.70	16.30
	5		Subrasante							95.90	21.90	22.40

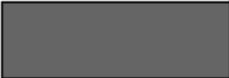
El CBR de Subrasante en Pista en todos los casos supera el 11 %, entonces:

Subrasante = S. Selecto de Terraplén = CBR 11 % (margen de seguridad)

Diseño de Obras:

Se obtiene el siguiente diseño:

Estructura Resultante:

	CAPA	ESPESOR	
	Concreto Asfáltico	12,0 cm	5,0 cm CA 7,0 cm BA
	Base Granular	15,0 cm	
	Subbase Granular	15,0 cm	
	Subbase Suelo Selecto	22,0 cm	
	Suelo Natural	XXX	

Dicha estructura verifica tanto para 5 como para 10 despegues diarios.

Obras Complementarias:

Giro en el Umbral de la cabecera 04:

Para el Umbral de Giro se propone la misma estructura de pavimento.

Márgenes:

Estructura compuesta por una capa de Concreto Asfáltico, complementada con una Base Granular.

Terraplén en zona del Manglar:

En zona de Terraplén se propuso originalmente el empleo de Boulders para forzar el asentamiento. Finalmente se descartó esa metodología, siendo reemplazada por el empleo de geotextiles.

Desvío del Arroyo:

Siguiendo los lineamientos Ambientales de producir el menor Impacto Ambiental en la zona, se realizó un desvío del arroyo en la menor longitud posible, para que de esta forma no se viera alterado de forma considerable el patrón de escurrimiento del arroyo.

TERRAPLEN DE LA EXTENSIÓN



ZONA DE AMPLIACIÓN DE PISTA



DESVÍO DEL ARROYO

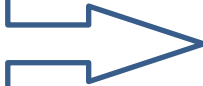
Diseño Geométrico:

OBJETO



CONSTRUCCIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LA PISTA 04-22 Y GIRO DE UMBRAL EN CABECERA 22

**NORMALIZACIÓN
SEGÚN ANEXO14,
VOL. 1 - OACI**



**NÚMERO Y CLAVE DE
REFERENCIA**

4 - D

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

- Corrección de pendientes, tanto transversal como longitudinalmente, respetando espesor mínimo requerido.
- Pendiente transversal de forma convexa, uniforme del 1,3%, tanto para la pista como para el giro en el umbral
- No es necesaria la inclusión de curvas verticales.
- Respetar la distancia mínima entre vértices exigida por la norma.
- Los márgenes se desarrollan en los primeros 3 metros con una pendiente del 5 % para favorecer el drenaje superficial y luego completar el ancho del margen siguiendo una pendiente del 3 % respecto de un plano horizontal, tanto para la pista como para el giro en el umbral.
- Proyectar una zona de franja de pista de 50 m a cada lado del eje, alcanzando un total de franja de pista de 100 m.
- Proyectar un Área de Seguridad de Extremo de Pista (RESA) de 100 m.

Etapa Constructiva

Reforzamiento de Pista 04-22

Etapa Constructiva

Reforzamiento de Pista



Etapa Constructiva

Reforzamiento de Pista



Etapa Constructiva

Reforzamiento de Pista

Contratista: Rivas, S.A.

Proyecto: Ampliación del Aeropuerto Internacional Enrique Malek.

Pavimentación Por: Bagatrac, S.A.

Localización: Pista de Aterrizaje.

Fecha de Corte: Enero 13 de 2011.

Fecha del Ensayo: Enero 15 de 2011.

Informe No. 01 - 21
Fecha: Enero 16 de 2011

DENSIDAD DEL PAVIMENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA COMPACTADA NORMA ASTM D-2726

# Testigo	Estación	Línea	Localización	Espesor cm.	Dens. de Pav. (Kg./m³)	Dens. de Lab. (Kg./m³)	% De Compact
1	0K + 150	1	Pista	5.94	2,291.5	2,340.7	97.9
2	0K + 300	Junta (2 - 3)	Pista	6.44	2,237.2	2,340.7	95.6
3	0K + 450	4	Pista	6.87	2,270.5	2,340.7	97.0
4	0K + 600	Junta (5 - 6)	Pista	6.22	2,232.8	2,340.7	95.4
5	0K + 750	8	Pista	8.60	2,277.5	2,340.7	97.3
6	0K + 850	10	Pista	5.79	2,284.5	2,340.7	97.6
7	1K + 200	6	Pista	6.38	2,273.9	2,340.7	97.1
8	1K + 350	Junta (8 - 9)	Pista	8.36	2,245.9	2,340.7	95.9
9	1K + 500	7	Pista	6.54	2,298.6	2,340.7	98.2
10	1K + 650	Junta (4 - 5)	Pista	6.32	2,229.3	2,340.7	95.2
11	1K + 800	3	Pista	7.39	2,277.5	2,340.7	97.3
12	1K + 950	1	Pista	5.94	2,282.2	2,340.7	97.5

Método Marshall de 75 golpes.

Espesor Promedio de Línea: 6.68 cm.

Espesor Promedio de Junta: 6.84 cm.

Porcentaje Promedio de compactación de Junta: 95.5 %

Porcentaje Promedio de compactación de Línea: 97.5 %

Etapa Constructiva

Extensión de Pista 04-22

Etapa Constructiva

Extensión de Pista



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Volumen de suelo en el sector # 1 = 180.000 m³

Volumen de suelo en el sector # 2 = 370.000 m³

Volumen de suelo total = 550.000 m³

Etapa Constructiva

Extensión de Pista

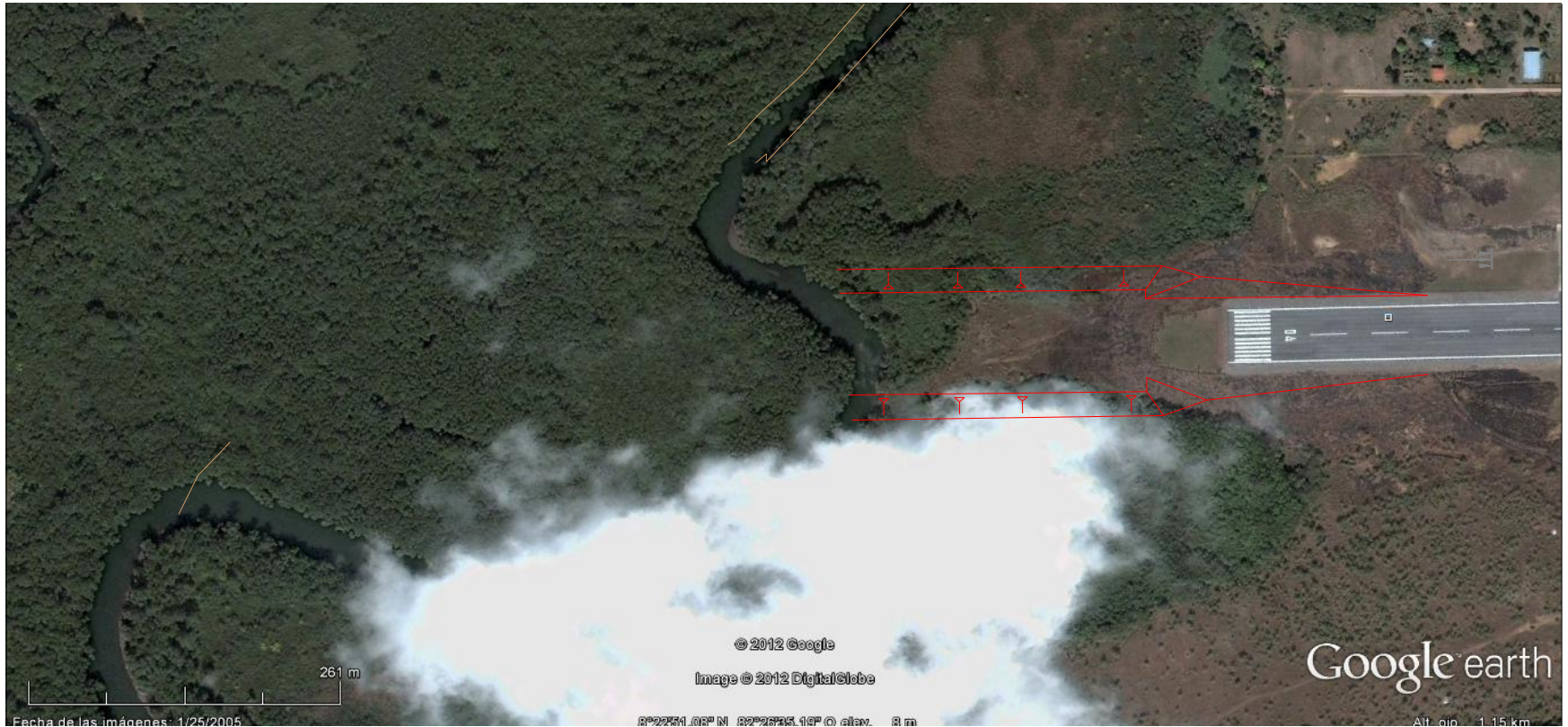
Características del Suelo

- Límite líquido < 40
- Índice de plasticidad < 12
- Valor soporte (C.B.R.) > 11
- Pasa tamiz #200 $< 75 \%$
- Hinchamiento $< 2 \%$
- Sales totales $< 1,5 \%$
- Sulfatos $< 0,5 \%$

Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 1 Suelos Pre-Consolidados



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 1 Suelos Pre-Consolidados



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 1 Suelos Pre-Consolidados



21 10 2010

Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 1 Suelos Pre-Consolidados



4 12 2010

Etapa Constructiva

Extensión de Pista

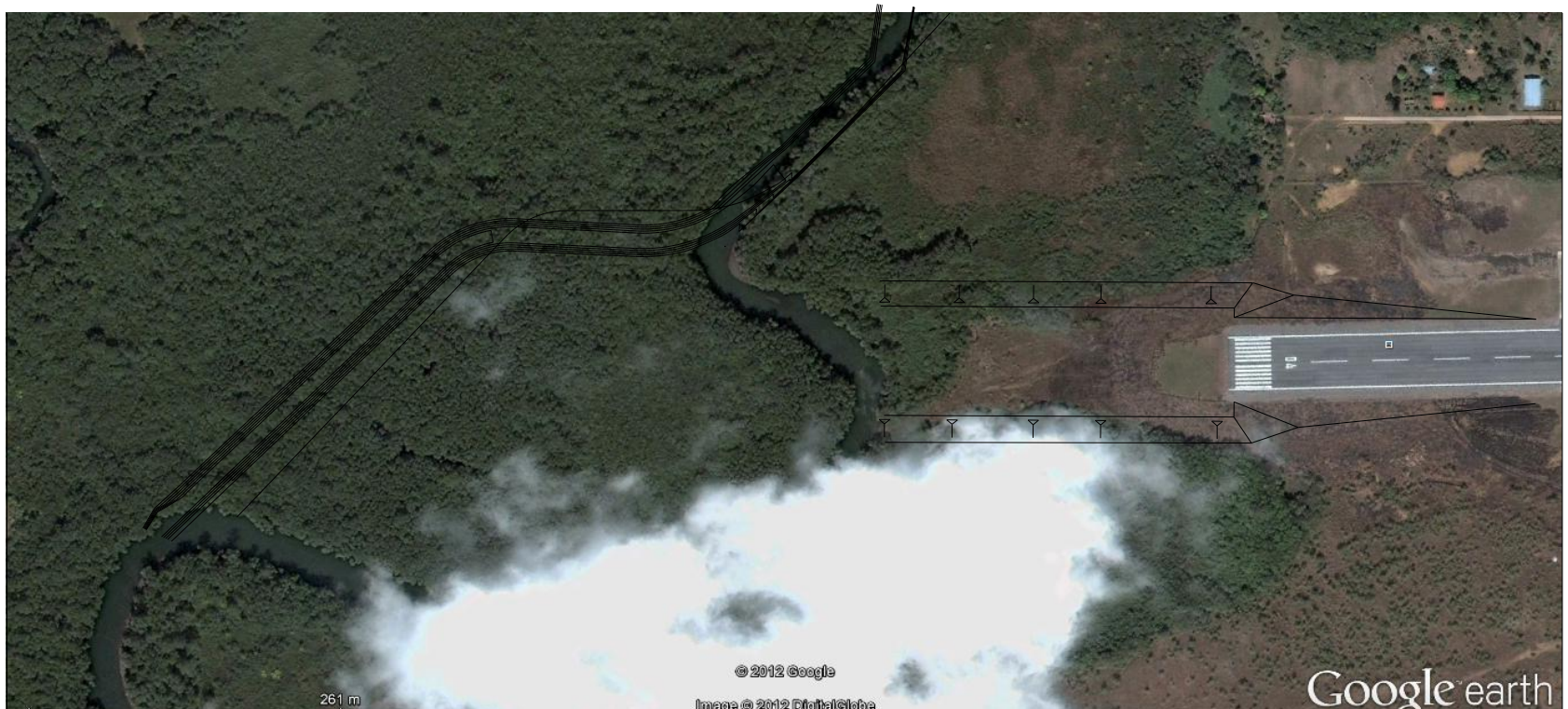
Sector # 1 Suelos Pre-Consolidados



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 2 suelo Blandos



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 1 Suelos Pre-Consolidados



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 2 Suelos Blandos – Cruce y Desvío del Cauce



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 2 Suelos Blandos – Cruce y Desvío del Cauce



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 2 Suelos Blandos – Cruce y Desvío del Cauce



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

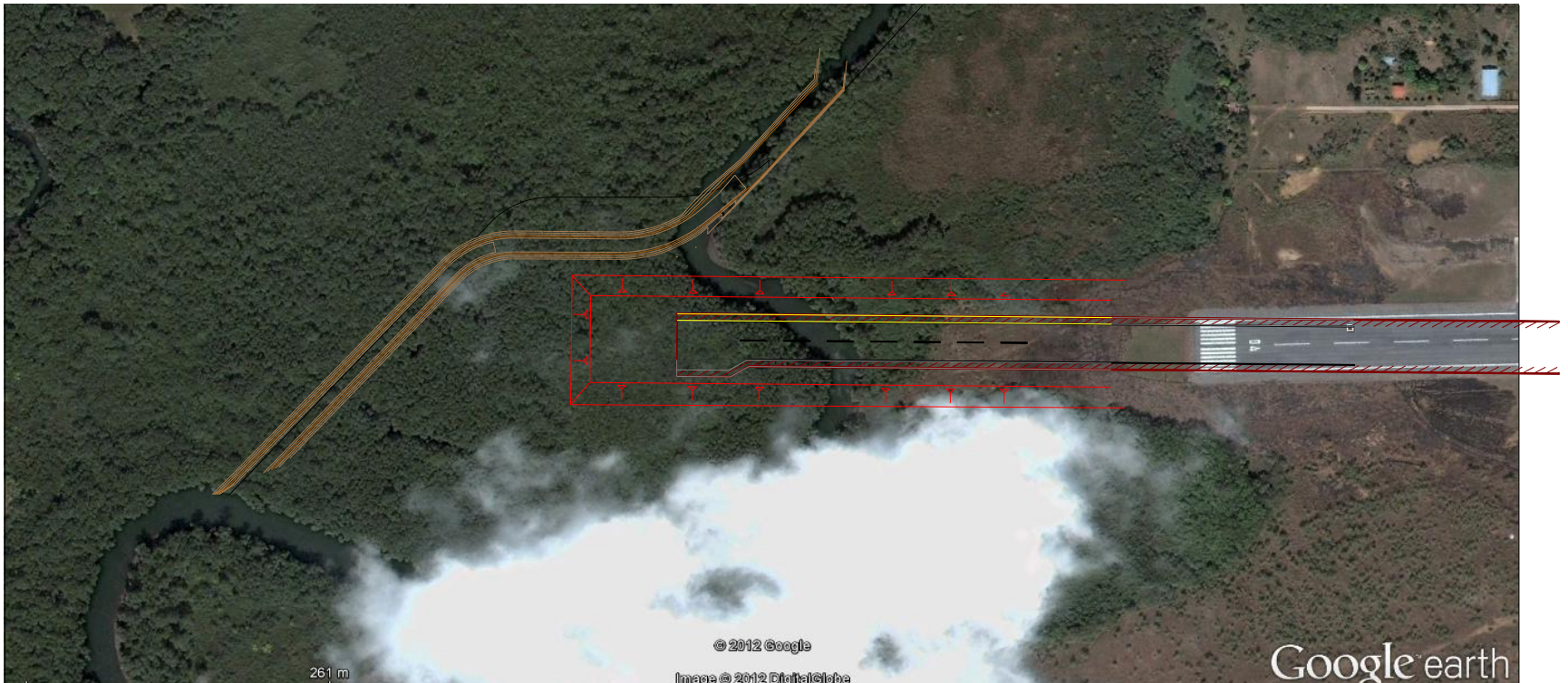
Sector # 2 Suelos Blandos – Cruce y Desvío del Cauce



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

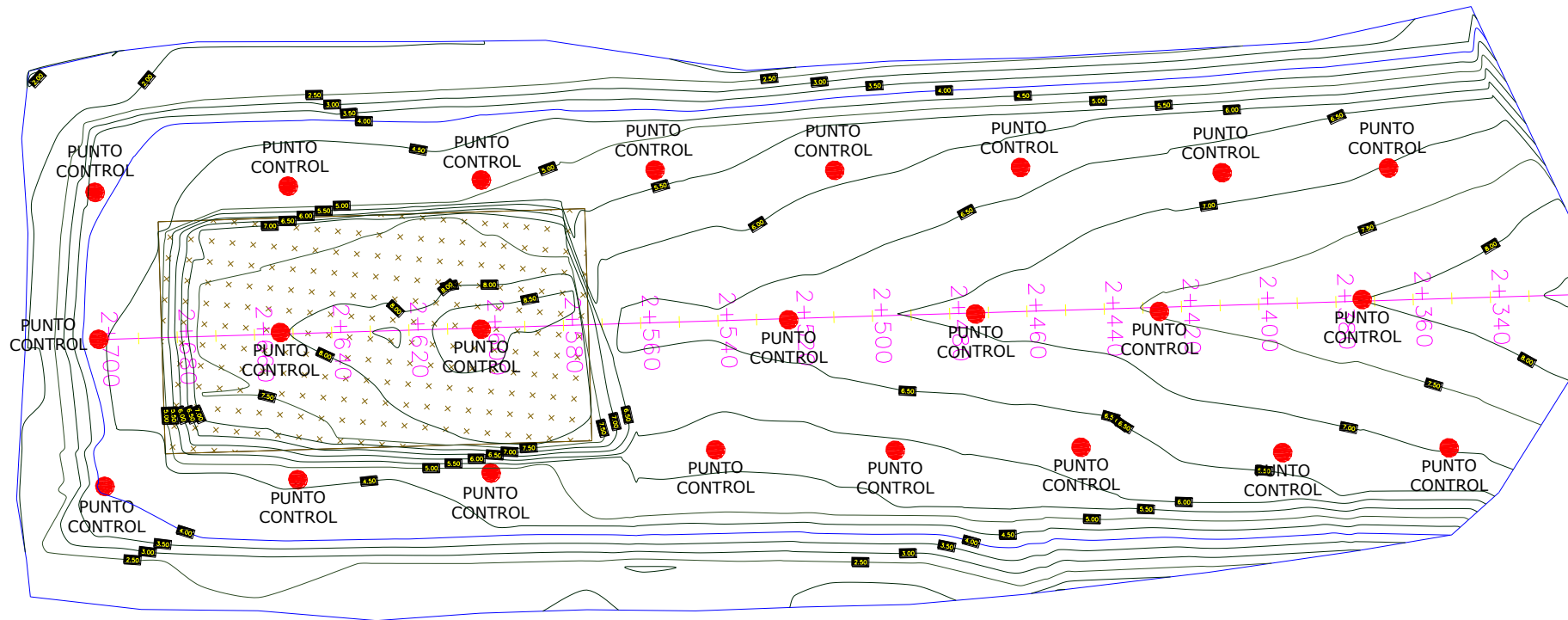
Sector # 2 Suelos Blandos – Cruce y Desvío del Cauce



Etapa Constructiva

Extensión de Pista

Sector # 2 Suelo Blandos - Control de Asentamientos



Etapa Constructiva

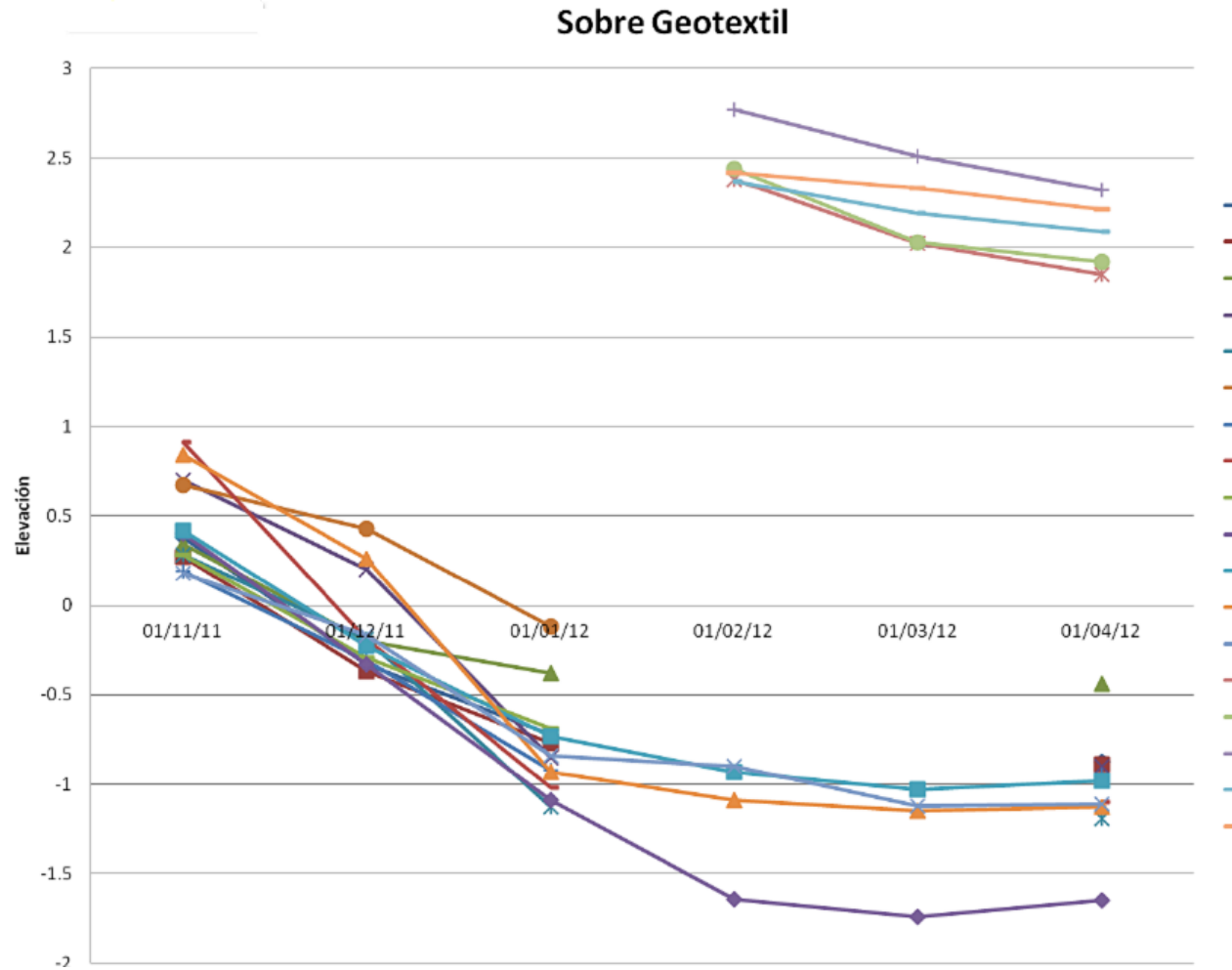
Extensión de Pista

Sector # 2 Suelo Blandos - Control de Asentamientos



Extensión de Pista

Sector # 2 Suelo Blandos - Control de Asentamientos



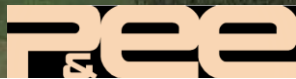
Muchas Gracias por su atención.



Ing. Fabián Schvartzer

Ing. Pablo Stubelj

Ing. Alejandro Iregui



PROYECTOS Y ESTUDIOS ESPECIALES S.A.

riva s.a.

**IX Seminario ALACPA de Pavimentos Aeroportuarios,
VII Taller de Pavimentos de la Federal Aviation Administration
II Curso Rápido sobre Mantenimiento de Pavimentos de Aeropuertos**