

SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE PAVIMENTOS



APLICACION AL
AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EZEIZA

CONTENIDOS

- **PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EZEIZA**
- **ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTION**
- **METODOLOGIA DE TRABAJO**
- **SOFTWARE DE CALCULO UTILIZADO**
- **PRINCIPALES DIFICULTADES**
- **CONCLUSIONES**

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EZEIZA

UBICACIÓN



AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EZEIZA

PLATAFORMA COMERCIAL

25 posiciones

Superficie total: 255.000 m²

(Superficie mixta: Asfalto y Hormigón)

PLATAFORMA DE CARGA

Superficie: 28.000 m²
(Hormigón)

PISTA 17-35

Longitud: 3.100 m

2.300 m Asfalto

800 m Hormigón

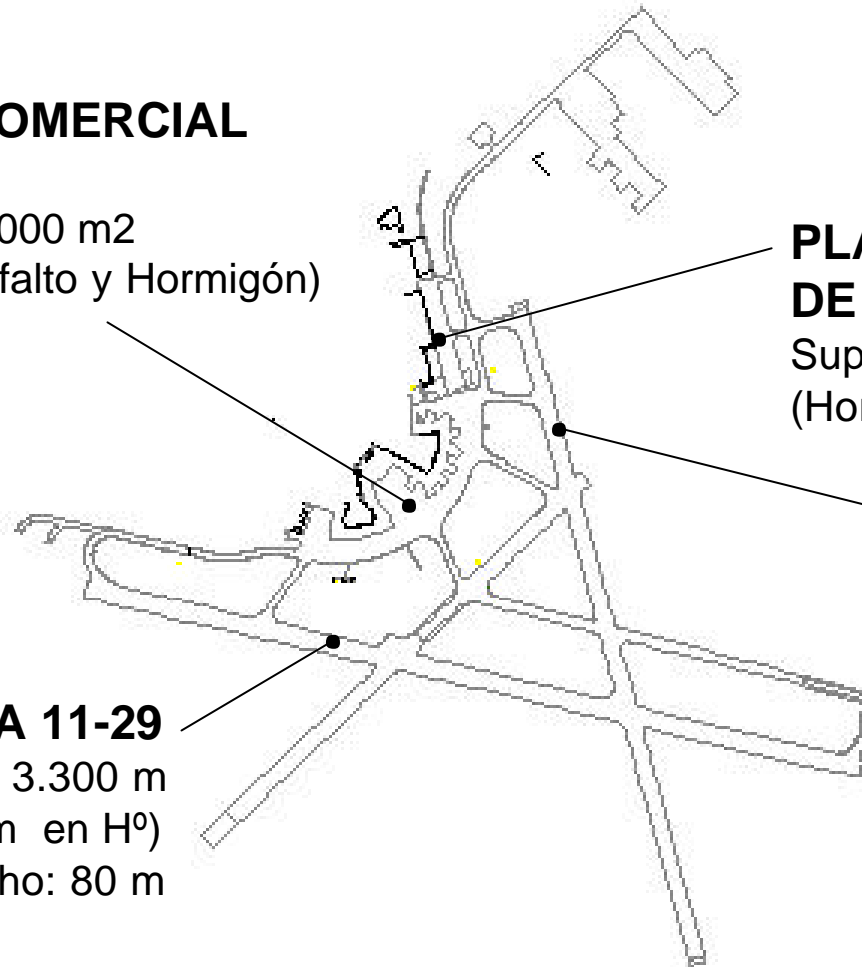
Ancho: 70 m

PISTA 11-29

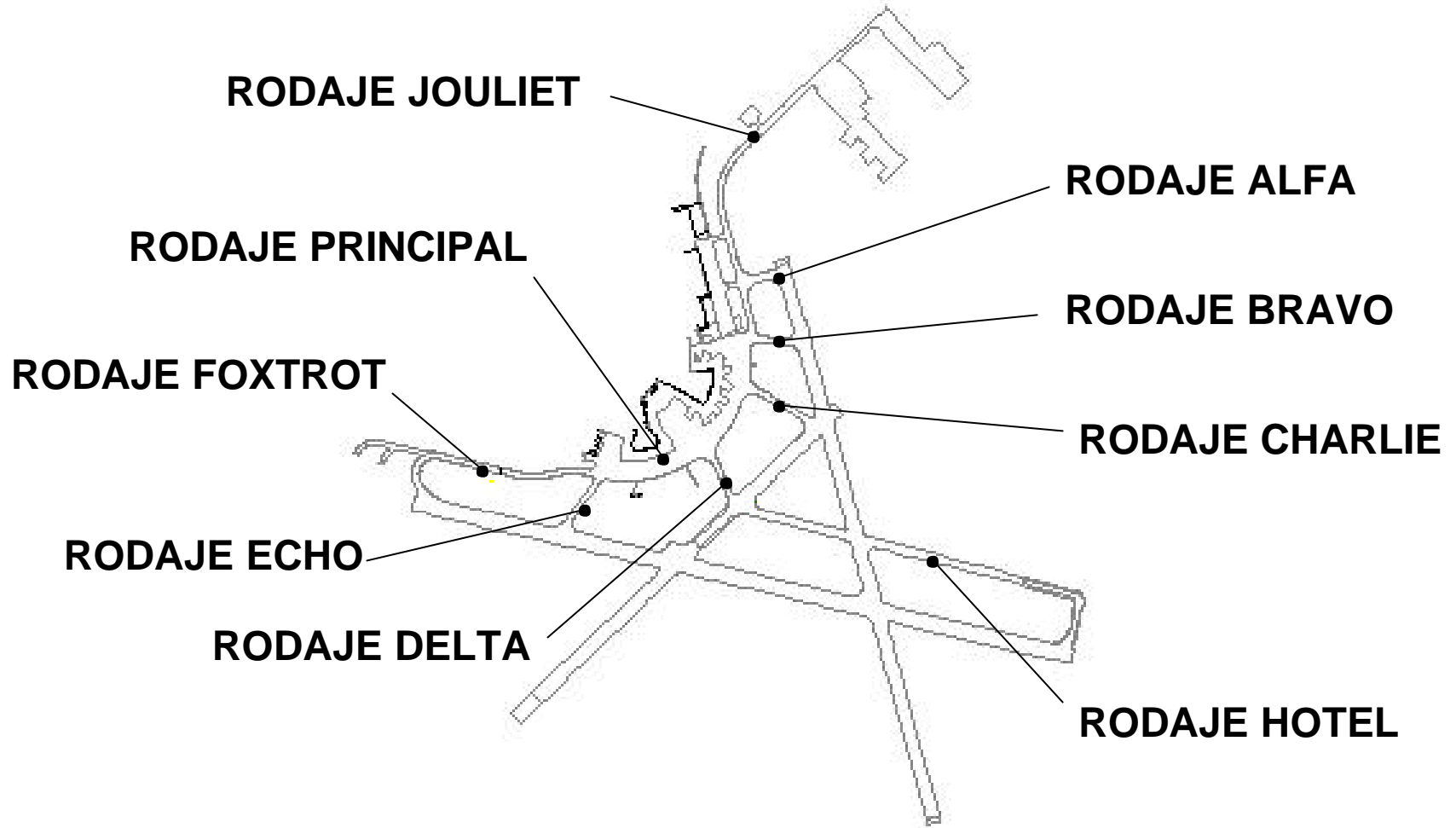
Longitud: 3.300 m

(2400 m en C^oA^o + 900 m en H^o)

Ancho: 80 m

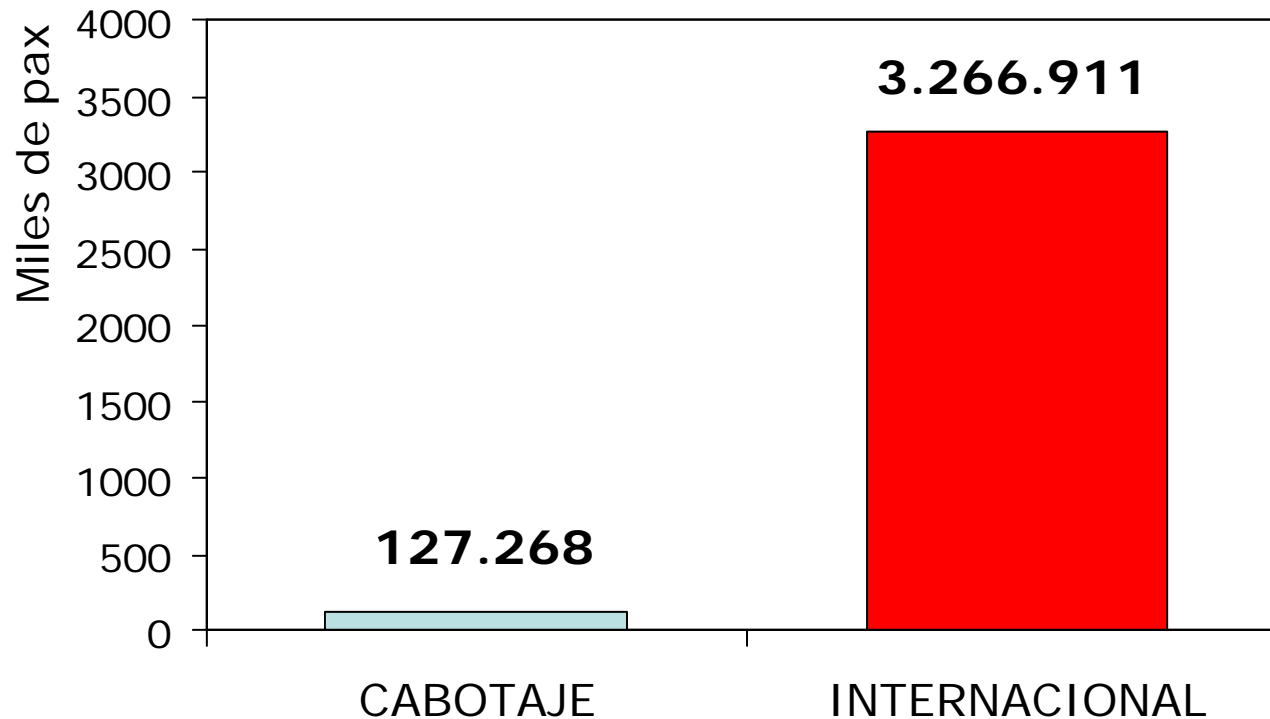


AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EZEIZA



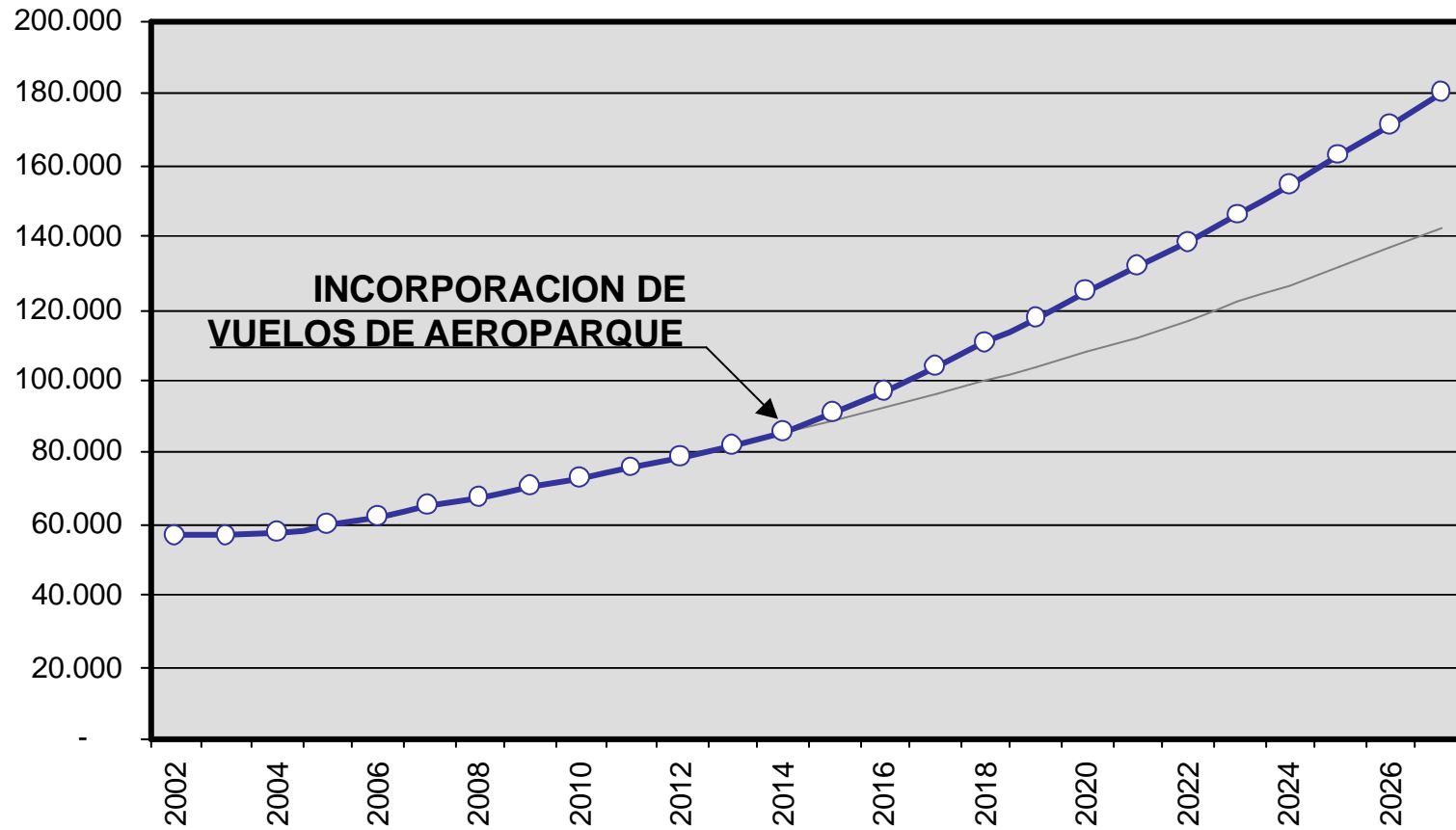
TRAFICO

TRAFICO DE PASAJEROS AÑO 2002:



MOVIMIENTOS ANUALES 2002: 56.601 movimientos

PROYECCION DEL TRAFICO



COMPOSICION DEL TRAFICO

AERONAVE	DESPEGUES ANUALES	AERONAVE	DESPEGUES ANUALES
AIRBUS 310	266	BOEING 737-200	3.032
AIRBUS 319	50	BOEING 747	2.109
AIRBUS 320	2.421	BOEING 757-200	254
AIRBUS 330	204	BOEING 767	2.882
AIRBUS 340-200	1.167	BOEING 777-300	2.416
AIRBUS 340-300	739	DC10 30/40	55
AIRBUS 340-600	1.050	FOKKER 100	2.047
AVIACION GENERAL	220	GULFSTREAM 5	48
ANTONOV 124-300	20	ILYUSHIN IL-62	74
BOEING 707	10	MD 11	1.502
BOEING 727	543	MD88	2.968
BOEING 737-700	4.385		

ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTION DE PAVIMENTOS

El sistema de gestión de pavimentos es una herramienta de decisión para el desarrollo de costos de mantenimiento de pavimentos y alternativas de reparación para caminos, calles, parques de estacionamiento y aeropuertos.

Los sistemas tradicionales se realizan a 2 niveles diferentes:

- Nivel de red
- Nivel de proyecto

En este caso, el sistema de gestión permite obtener resultados a nivel de **anteproyecto**.

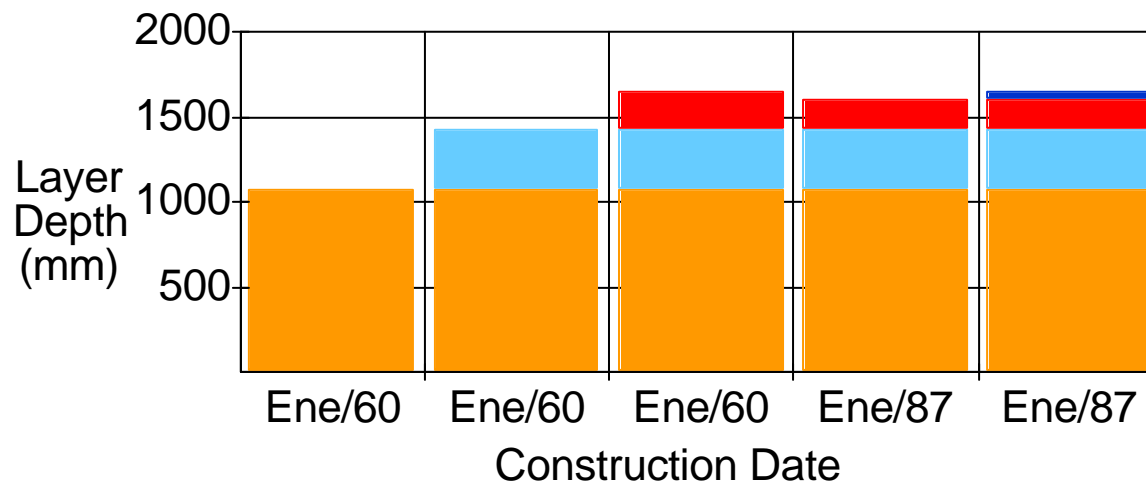
METODOLOGIA EMPLEADA

1. Análisis de antecedentes
2. Análisis del tráfico
3. Análisis de las condiciones ambientales
4. Inspección visual
5. Relevamiento topográfico
6. Ensayos no destructivos (NDT)
7. Estudios geotécnicos
8. División en secciones homogéneas
9. Análisis estructural
10. Programa de obras
11. Desarrollo del manual de gestión

ANALISIS DE ANTECEDENTES

RECOPIACION Y ANALISIS DE ANTECEDENTES

- Historia constructiva
- Historia de mantenimiento
- Estudios geotécnicos
- Relevamiento topográfico



ANALISIS DEL TRAFICO

- **DISTRIBUCION DEL TRAFICO POR CABECERAS**

PISTA	DESPEGUE %	CABECERA	DESPEGUES %	TOTAL
11 - 29	85%	11	80%	68%
		29	20%	17%
17 - 35	15%	17	80%	12%
		35	20%	3%

- **ASIGNACION DEL TRAFICO POR RODAJES**

- **ASIGNACION DEL TRAFICO A POSICIONES DE PLATAFORMA**

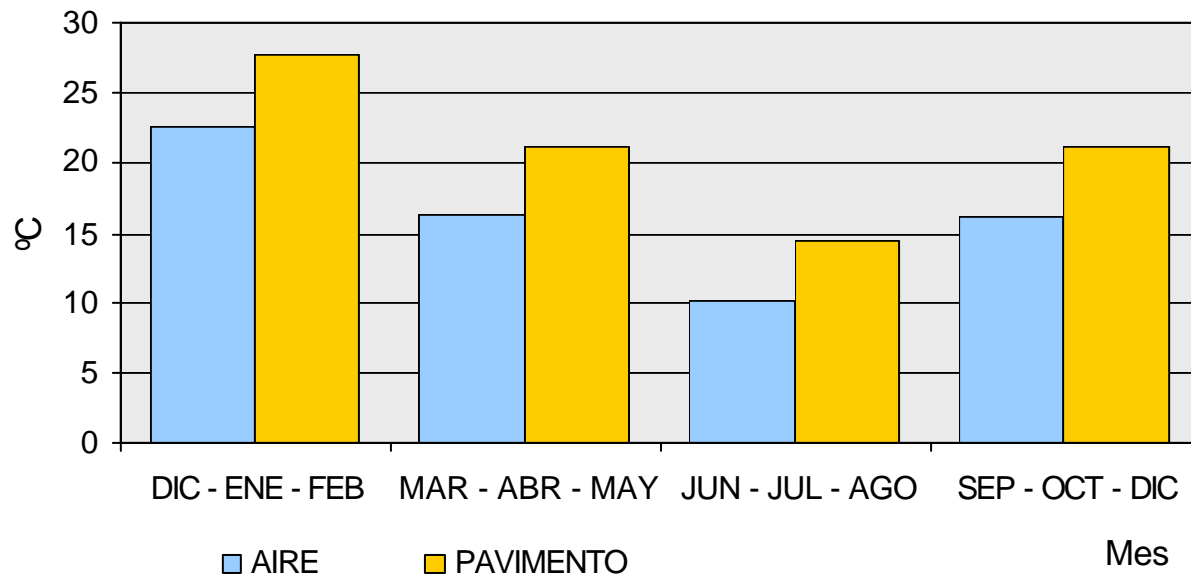
CONDICIONES AMBIENTALES

PRECIPITACIONES

- Determinación de precipitaciones media, mínima y máxima mensual

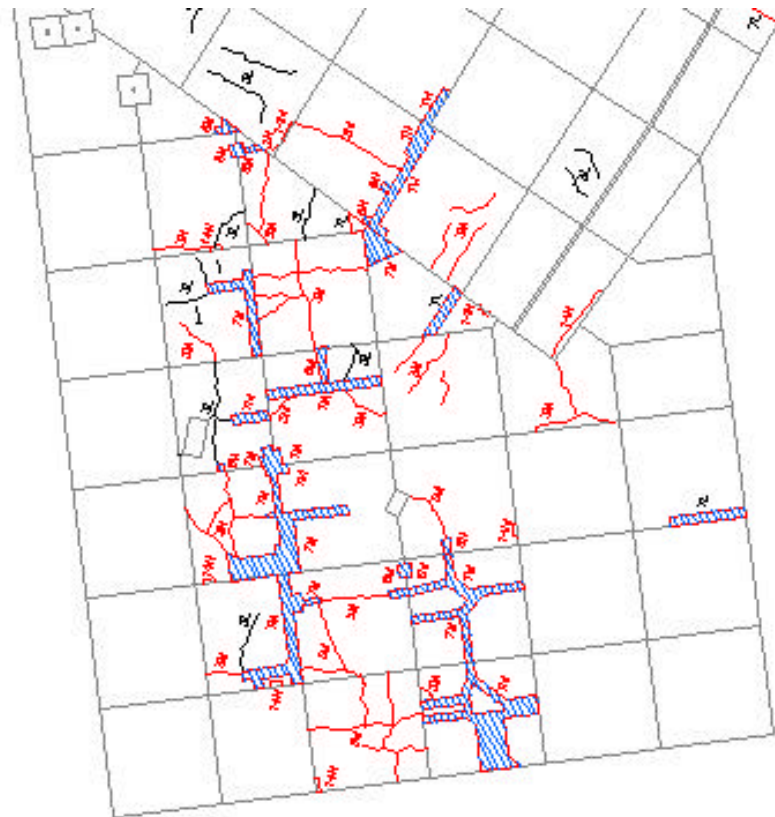
TEMPERATURAS

- Determinación de la temperatura media, mínima y máxima mensual
- Determinación de la temperatura del pavimento



INSPECCION VISUAL

- Relevamiento de deterioros superficiales (Norma ASTM 5340)
- Planos de relevamiento de fallas para todo el aeropuerto:



- Cálculo del **PCI** (Pavement Condition Index)

Section Condition Report										
Date: 11/17/2003		Pavement Database: NetworkID: EZE							1 of 2	
Branch ID	Section ID	Last Const. Date	Surface	Use	Rank	Lanes	True Area (SqM)	Last Inspection Date	Age At Inspection	PCI
P (Rodaje Principal)	1C	11/14/2003	AC	TAXIWAY	P	0	4.500,00	06/02/2003	0	28,00
P (Rodaje Principal)	1NC	11/17/2003	AC	TAXIWAY	S	0	5.100,00	06/02/2003	0	47,00
P (Rodaje Principal)	2C	11/14/2003	AC	TAXIWAY	P	0	11.520,00	06/02/2003	0	39,00
P (Rodaje Principal)	2NC	11/14/2003	AC	TAXIWAY	S	0	5.400,00	06/02/2003	0	43,00
P (Rodaje Principal)	2NC-2	11/14/2003	AC	TAXIWAY	S	0	5.850,00	06/02/2003	0	66,00

RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO

Tiene como objetivo determinar la factibilidad técnica y ajustar el volumen de las obras a ejecutar.

- Relevamiento de detalle para todos los sectores en estudio
- Verificación de presencia de obstáculos
- Verificación de pendientes longitudinales y transversales
- Determinación de perfiles transversales por nivelación geométrica:
 - Cada 25 m en rodajes y pistas
 - Cada 50 m en zona de franja de rodajes y pistas
 - Cada 10 m en plataforma

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

MEDICION DE DEFLEXIONES CON EQUIPO FWD

EQUIPO: Kuab 2m 150

PLATO DE CARGA: 45 cm de diámetro

CONFIGURACIÓN DE SENSORES: 0, 30, 60, 90, 120, 150 y 180 cm

CARGA APLICADA: 24.000 kg



INVESTIGACION GEOTECNICA

TOMA DE MUESTRAS

La ubicación se determina a partir del análisis de los ensayos no destructivos y los antecedentes existentes

Sondeos

- 136 sondeos hasta una profundidad de 2,00 m
 - 47 sondeos en pista
 - 73 sondeos en calles de rodaje
 - 16 sondeos en plataforma
- Extracción de testigos de pavimento
- Extracción de muestras de suelo de cada estrato

Calicatas

- 8 calicatas hasta una profundidad de 2,00 m
- Extracción de testigos de pavimento
- Extracción de muestras de suelo de cada estrato

DIVISION EN SECCIONES HOMOGENEAS

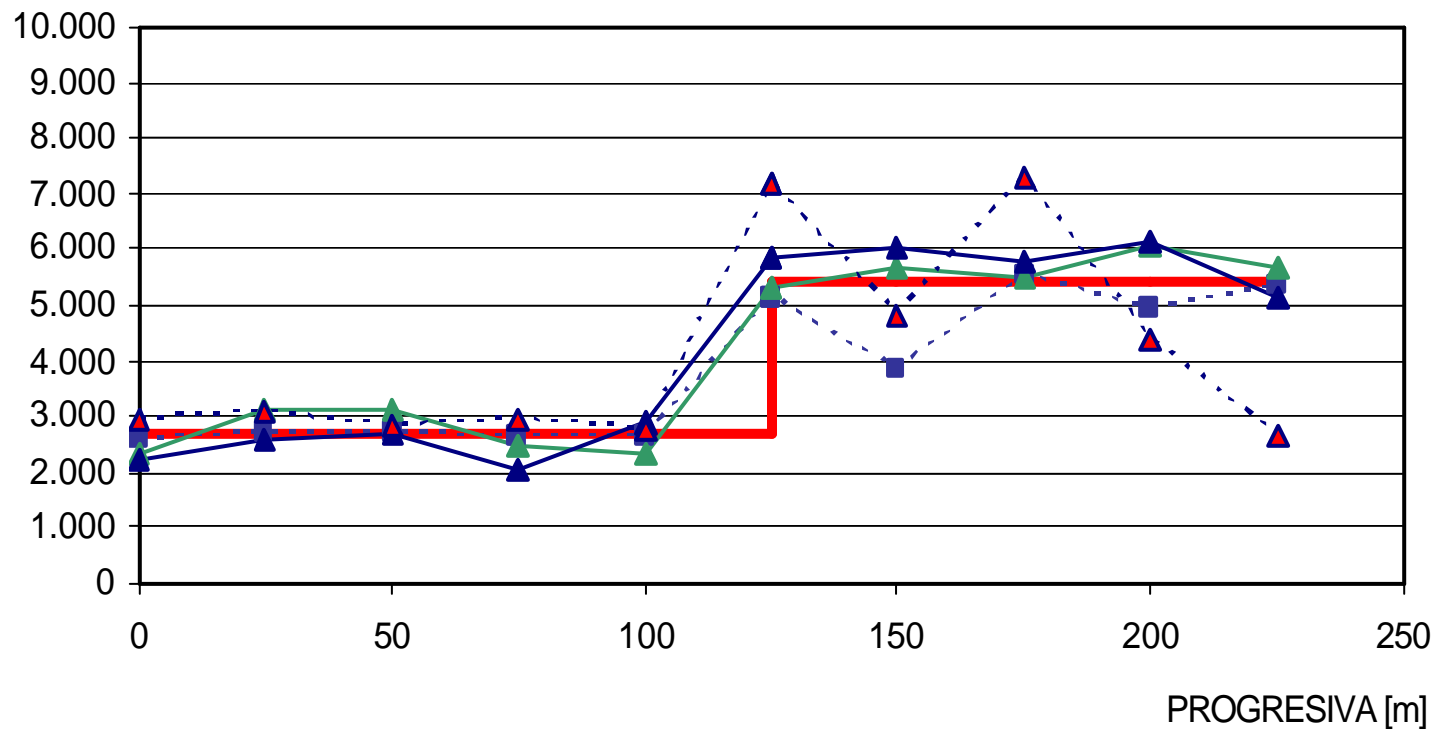
EN FUNCION DE:

- **Tipo de pavimento**
- **Estado superficial del pavimento**
 - Por magnitud de deterioro
 - Por tipo de falla
- **Tránsito**
- **Historia constructiva**
- **ISM** (Impulse Stiffness Modulus)

ANALISIS DE LA VARIACION DEL ISM

IMPULSE STIFFNESS MODULUS

VARIACION LONGITUDINAL

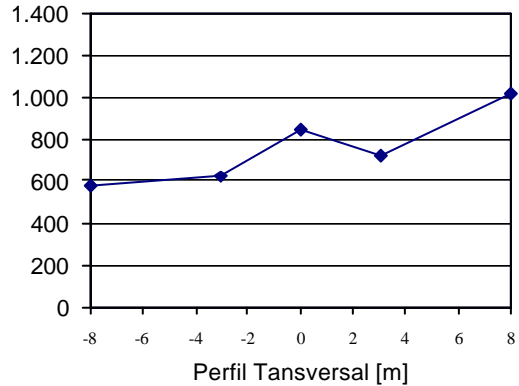


ANALISIS DE LA VARIACION DEL ISM

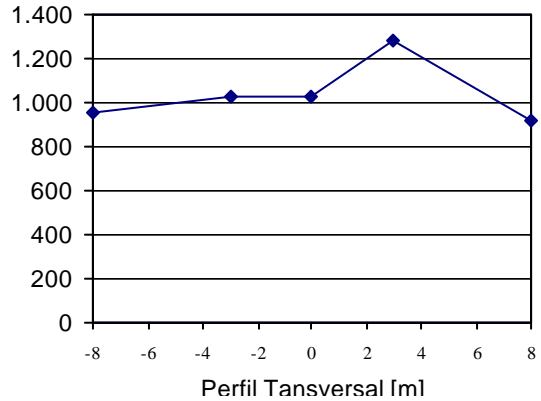
IMPULSE STIFFNESS MODULUS

VARIACION TRANSVERSAL

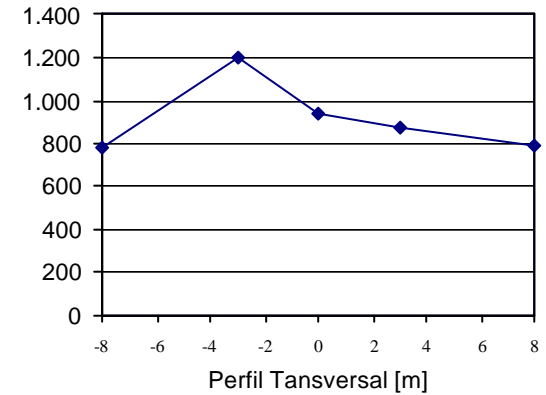
PROG. 0+000



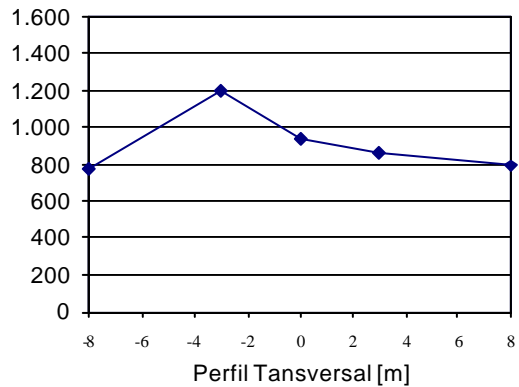
PROG. 0+050



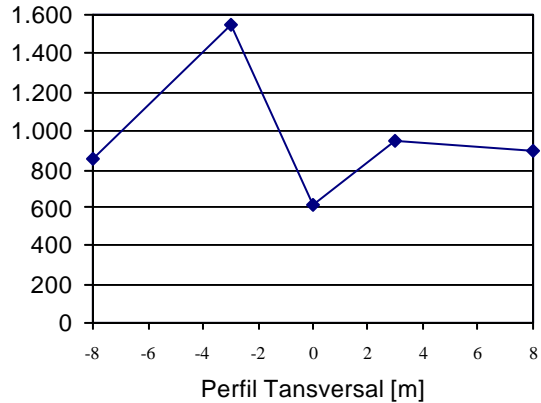
PROG. 0+100



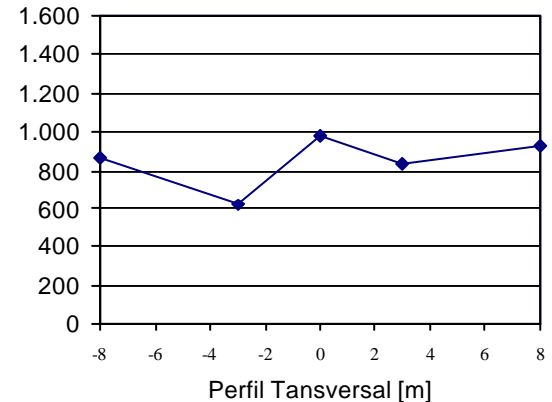
PROG. 0+200



PROG. 0+250



PROG. 0+300

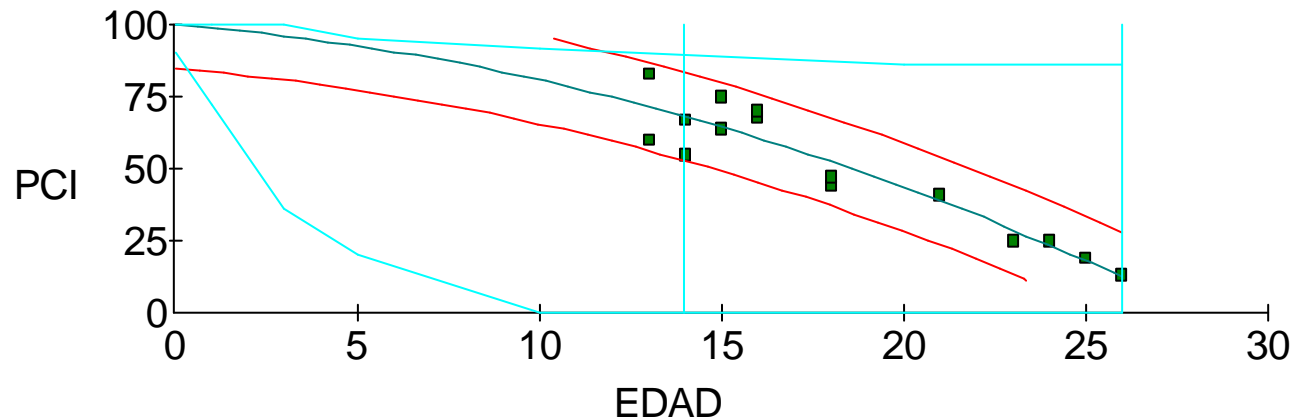


ANALISIS ESTRUCTURAL

- Modelización de la estructura
- Determinación de parámetros estructurales: RETROCALCULO
(Uso del programa **PCASE 2.0**)
- Comparación de resultados con ensayos destructivos
- Determinación de vida útil (Ley de Miner)
- Propuesta de rehabilitación (Para varios períodos de análisis)
- Indicación del Pavement Classification Number (PCN)

PROGRAMA DE OBRAS

- Determinación del deterioro del pavimento en función de *tráfico, clima y estado superficial*



- Definición de obras en base a diferentes políticas
 - Obras localizadas
 - Obras globales
 - Obras mayores
- Análisis económico

DESARROLLO DEL MANUAL DE GESTION

- Programa de inspección
- Mantenimiento de la base de datos actualizada
- Ajuste de modelos de deterioro
- Ajuste de obras programadas
- Ajuste de costos unitarios
- Ajustes presupuestarios

PCASE 2.0

El PCASE 2.0 permite evaluar pavimentos flexibles y rígidos mediante el método de la capa elástica.

Tiene 7 componentes o módulos de trabajo principales:

1. Clima
2. Edición de vehículos
3. Tráfico
4. Datos de ensayos DCP
5. Datos de ensayos no destructivos (NDT)
6. Evaluación
7. Diseño

Módulo de CLIMA

Determinación de temperaturas máximas, mínimas y medias

Determinación de la temperatura de diseño para el pavimento

Determinación de la temperatura a la que fueron ejecutadas las deflexiones

Módulo de VEHICULOS

Descripción de las características de las aeronaves:

- Configuración del tren de aterrizaje
- Carga máxima, mínima y estándar

Curvas de ACN

PCASE 2.02 PAVER 5.0 - [Vehicle Edit Module]

File Tables Edit Preferences Add-Ins Window Help

Tree Browse Inventory Selection Design DCP Traffic Help / Utilities NDT Data Vehicle Edit Evaluation Climate

Vehicles

Vehicle: **BOEING 747-400**

Std Load: Custom

Type of Vehicle: Aircraft Ground

Name:

Maximum Load:

Minimum Load:

% Load on Main Gear:

Surface Thickness Group #: ?

Base Thickness Group #: ?

#	X	Y	% Load	Pressure	Cr
1	239.000	179.200	5.840	207.513	
2	239.000	121.200	5.840	207.513	
3	195.000	179.200	5.840	207.513	
4	195.000	121.200	5.840	207.513	

Comments

Acn Curves

Characteristics

Gear Plot

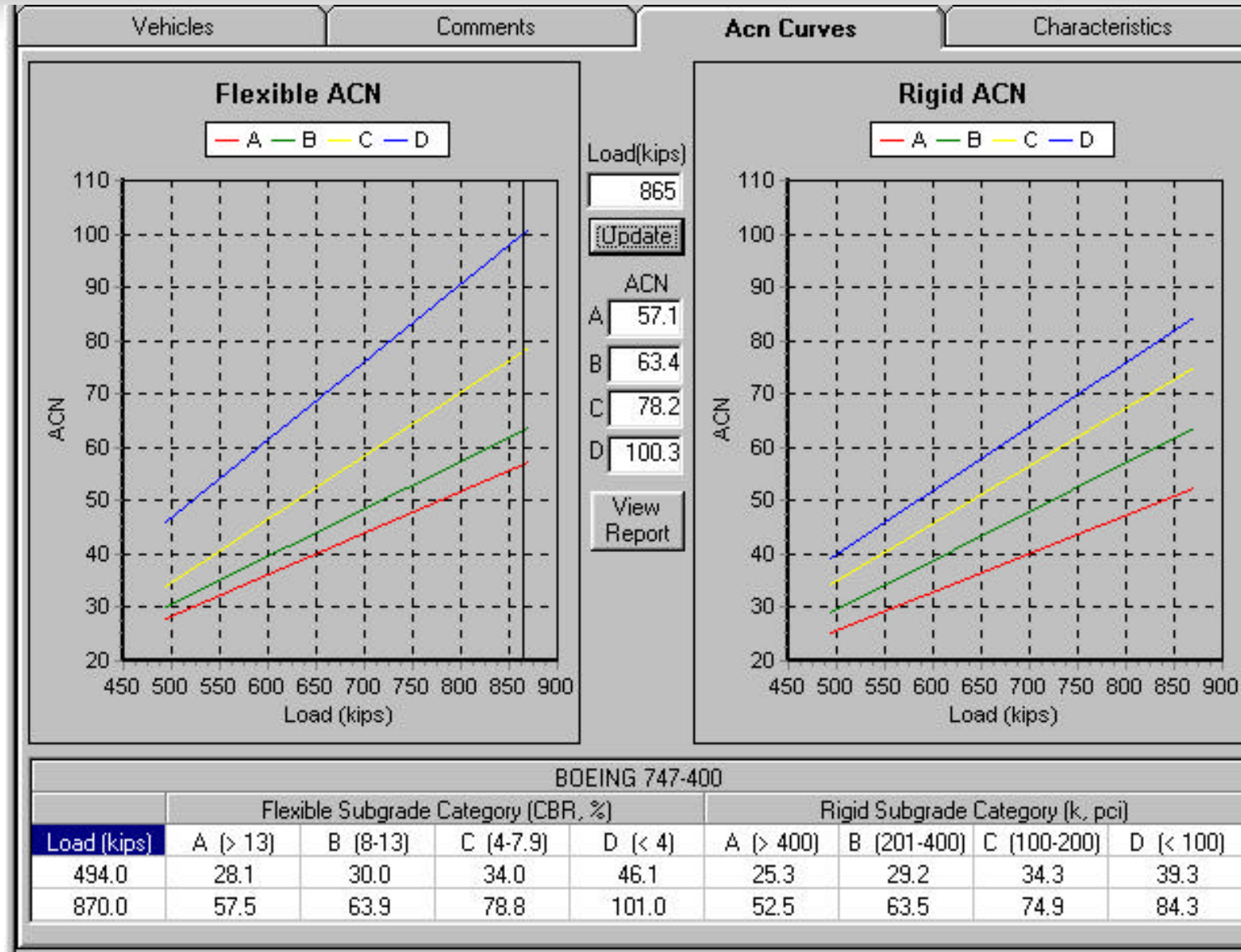
Toolbox:

Loads

Stress

X: Y:

Setup View Report Add Copy Edit Save Cancel Delete Exit


BOEING 747-400

	Flexible Subgrade Category (CBR, %)				Rigid Subgrade Category (k. pci)			
Load (kips)	A (> 13)	B (8-13)	C (4-7.9)	D (< 4)	A (> 400)	B (201-400)	C (100-200)	D (< 100)
494.0	28.1	30.0	34.0	46.1	25.3	29.2	34.3	39.3
870.0	57.5	63.9	78.8	101.0	52.5	63.5	74.9	84.3

Módulo de TRAFICO

Definición del mix de aviones:

- Cantidad de movimientos
- Carga

Determinación de la aeronave crítica

Determinación del número de pasadas equivalentes

Módulo de ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

- Introducción de mediciones de FWD
- Determinación de secciones homogéneas
- Eliminación de puntos singulares
- Determinación del cuenco de deflexiones

Módulo de ENSAYOS DCP

Introducción de resultados de ensayo DCP

Determinación automática de estratos homogéneos en función del DCP

PCASE 2.02 PAVER 5.0 - [PCASE Evaluation Module]

File Tables Edit Preferences Add-Ins Window Help

Tree Browse Inventory Selection Design DCP Traffic Help / Utilities NDT Data Vehicle Edit Evaluation Climate

Select Basins For Structure

Feature Name: 01-19_d3 24/02/03

Dates: 030224

Lanes: d

Codes: --

Drops: 1

Joint Load Reduction Factor: Stiffness

Load

Load-Displacement

Setup

, Sensor Coordinates X,Y,Z = 0 ,0 ,0 in(s)

Stiffness, Load / Displacement

Station Id

Select All Clear All Select Range On Select Points On

Statistics Analyze

PCASE 2.02 PAVER 5.0 - [PCASE Evaluation Module]

File Tables Edit Preferences Add-Ins Window Help

Tree Browse Inventory Selection Design DCP Traffic Help / Utilities NDT Data Vehicle Edit Evaluation Climate

Select Basins For Structure

Feature Name	Dates	Lanes	Codes	Drops	Area
m1.19_43 24/02/03	<input checked="" type="checkbox"/> 030224	<input checked="" type="checkbox"/> 4	<input checked="" type="checkbox"/> ...	<input checked="" type="checkbox"/> 1	

Basin

Coordinate Offset

X Y Z

Ok

Select All Clear All Select Range On Select Points On Statistics Analyze

D:\User Data\Aeropuerto Salta\

Módulo de EVALUACION

- Modelización de la estructura del pavimento
- Retrocálculo de módulos usando la teoría elástica
- Determinación del Pavement Classification Number (PCN)
- Determinación de la carga máxima permitida
- Determinación de la vida útil (número de pasadas admitidas)

Módulo de DISEÑO

- Determinación de espesores
- Determinación de requerimientos de compactación

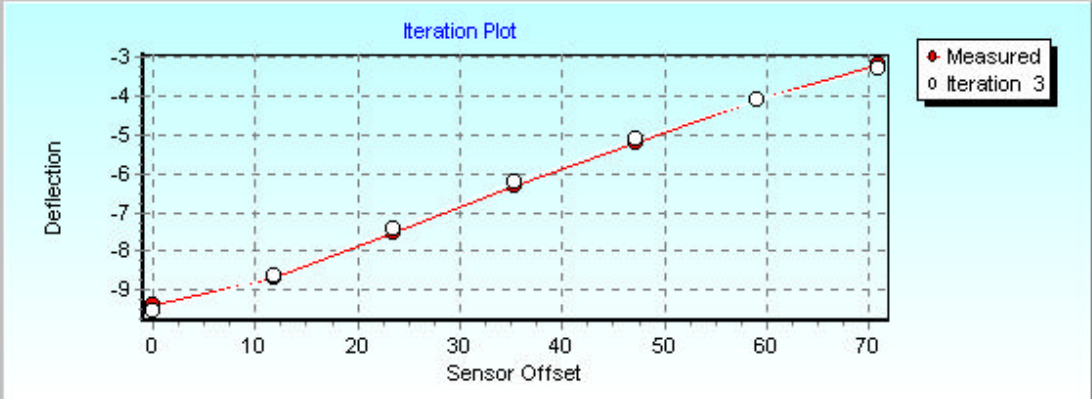
PCASE 2.02 PAVER 5.0 - [PCASE Evaluation Module]

File Tables Edit Preferences Add-Ins Window Help

Tree Browse Inventory Selection Design DCP Traffic Help / Utilities NDT Data Vehicle Edit Evaluation Climate

Run Properties **Layer Manager** Edit Settings

Build **Backcalculation Iteration Plot**



Deflections		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Measured		9.40	8.70	7.50	6.30	5.20	4.10	3.20
Computed		9.53	8.65	7.44	6.23	5.11	4.12	3.28

E1	E2	E3	E4	E5	Percent Err %
3538625	29855	1000000	1000000	1000000	1.22

Done < > Station: 100 Drop: 1

PCASE E...

D:\User Data\Aeropuerto Salta\

PCASE 2.02 PAVER 5.0 - [PCASE Evaluation Module]

File Tables Edit Preferences Add-Ins Window Help

Tree Browse Inventory Selection Design DCP Traffic Help / Utilities NDT Data Vehicle Edit Evaluation Climate

Run Properties **Layer Manager** **Edit Settings**

Build Structures

Layer Type	Frost	Thick	Set Wesdef	Set Wespave
Asphalt		10.62	Wesdef	WesDef
Stab Base	F0	8.11	Wesdef	Wesdef
Natural Subgrad	F0	130.33	WesDef	WesDef

EWesdef	EWespave
592131	
60985	60985
48686	

Layer Set Controls - 4 of 4

Edit Save Cancel Add Del Copy Broadcast

Subgrade Settings

240 - Above

Bedrock

Pavement Type: Flexible AC Crit: Both

Commands

Run BackCalculate Run Analysis Progress Bar Label

Current Vehicle Show BList

BOEING 737-400

? **Active**

NDT Controls - 1 of 33

Use NDT Rep

Station: 1775 Drop: 1

Available Basins: 112

Assigned Basins: 33 Iterate

Retrieve Basins

Graph E's

Set this structure & basin as active for analysis and report

Move to Active

Results

Time	Design			Load	Allowable			Overlays	
	Passes	ACN	PCN		Passes	AC	PCCNB	PCCPB	
Jan-Dec	108638	33	41/F/B/W/T	153.0	816827	0.0	0.0	0.0	

PCASE E...

D:\User Data\Aeropuerto Salta\

Micro PAVER 5.1

Es un programa de **GESTION DE PAVIMENTOS.**

Tiene 5 componentes o módulos de trabajo principales:

1. Inventario
2. Trabajo
3. Inspección
4. Predicción del deterioro
5. Planificación de las obras

Módulo INVENTARIO

Clasificación jerarquizada de la red de pavimentos:

- **NETWORKS** (*Aeropuerto de Ezeiza*)
- **BRANCHES** (*Pista 11-29*)
- **SECTIONS** (*Sección homogénea 1*)

Asignación de información básica a la base de datos:

- Dimensiones
- Tipo de pavimento
- Tráfico
- Ensayos destructivos y no destructivos (NDT)
- Banquinas
- Dimensiones de losas y juntas
- etc.

Módulo de TRABAJO

Definición de la historia constructiva del pavimento:

- Espesores
- Repavimentaciones
- Refuerzos
- Mejoras
- Materiales empleados

Confección automática de reportes resumen

Date: 11/17/2003		Work History Report				1 of 3	
<i>Pavement Database:</i>							
Network: EZE		Branch: P		(Rodaje Principal)		Section: 1C	Surface: AC
L.C.D.: 11/14/2003		Use: TAXIWAY		Rank: P	Length: 300,00 M	Width: 15,00 M	True Area: 4.500,00 SqM
Work Date	Work Code	Work Description	Cost	Thickness (mm)	Major M&R	Comments	
01/02/1987	SR-AC	Surface Reconstruction - AC	\$0	50,00	True		
01/01/1987	MI-CO	Cold Milling	\$0	-50,00	False		
01/04/1960	SU-AC	Surface Course - AC	\$0	220,00	False		
01/03/1960	BA-ST	Base Course - Stabilized (non-Bi.)	\$0	360,00	False		
01/02/1960	SB-AG	Subbase - Aggregate	\$0	1.070,00	False		
01/01/1960	INITIAL	Initial Construction	\$0	0,00	True		

Módulo de INSPECCION

- Rápida introducción de datos de relevamiento superficial
- Cálculo automático de PCI
 - por unidad de análisis
 - por sección
 - promedio ponderado para toda la red
- Identificación del origen de las fallas:
 - por clima
 - por carga
 - otro
- Definición de otros indicadores de estado de pavimento

Programación automatizada de los relevamientos superficiales

- Por condición de PCI
- Por tasa de deterioro de la superficie de pavimento

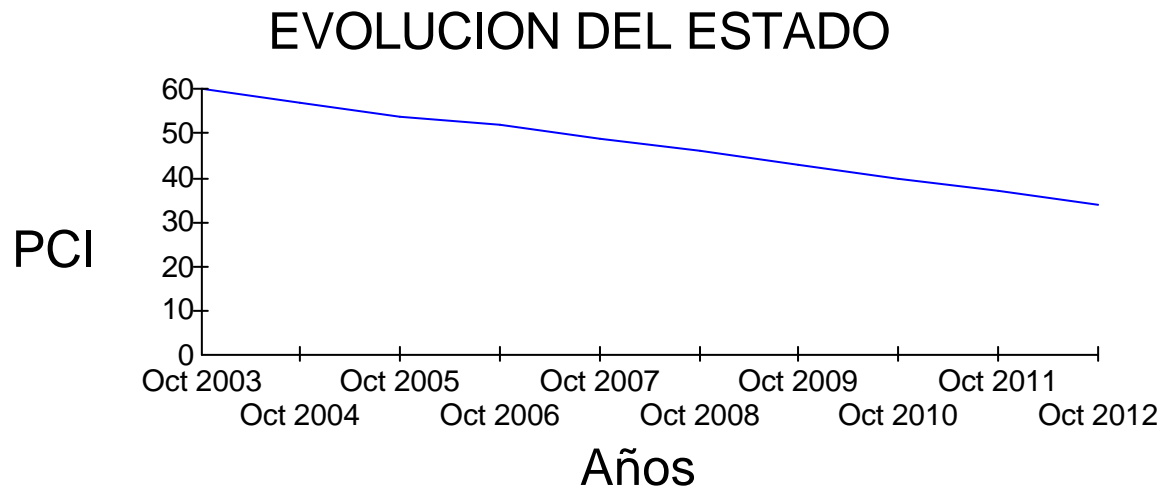
INTERFAZ GRAFICA GIS

PCI – ETAPA 1



Módulo de **PREDICCIÓN DEL DETERIORO**

- Modelización del deterioro de la superficie (PCI vs. tiempo)
- Identificación de secciones con iguales características
- Construcción de modelos a partir de relevamientos históricos
- Proyección de las condiciones futuras del pavimento.



Módulo de **PLANIFICACION DE LAS OBRAS**

Definición del **tipo de intervención**: localizada, global o mayor

Definición de las **políticas de intervención**:

- Mantener el valor del PCI medio de la red por sobre el crítico
- Mantener el PCI sobre el mínimo establecido en cada sección
- Implementar un plan de trabajos localizados en el primer año
- Mantener el PCI actual durante el período de análisis
- Obtener un PCI al final del período de análisis

Definición de **costos unitarios** para cada tarea

Definición de **políticas presupuestarias**:

- Optimizar obras para cumplir con un presupuesto específico
- Calcular el presupuesto requerido para la ejecución de todas las obras necesarias

Módulo de **PLANIFICACION DE LAS OBRAS**

Definición del **efecto** de las obras sobre el pavimento

Definición de **prioridades** entre secciones

Optimización del plan de obras, contemplando:

- Evolución del PCI de cada sección
- Origen de las fallas relevadas
- Prioridad de las secciones
- Presupuesto disponible

EJEMPLO DE ANALISIS

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE EZEIZA

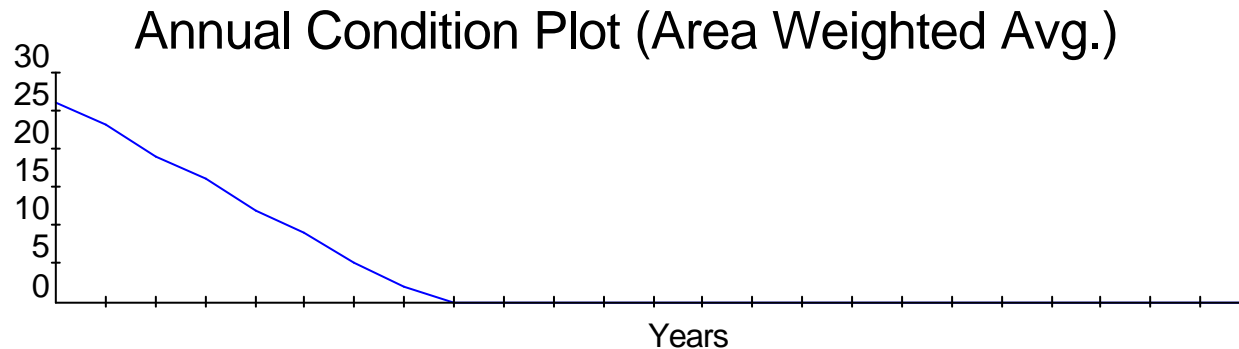
ETAPA 1

RODAJE PRINCIPAL

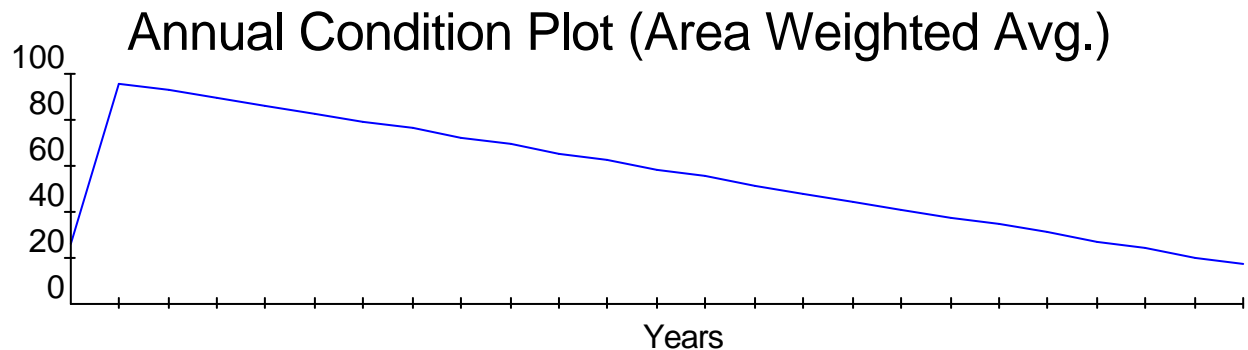
PERIODO 2004 - 2023

EVOLUCION DEL PCI (2003 – 2023)

▪ SIN REPAVIMENTACION



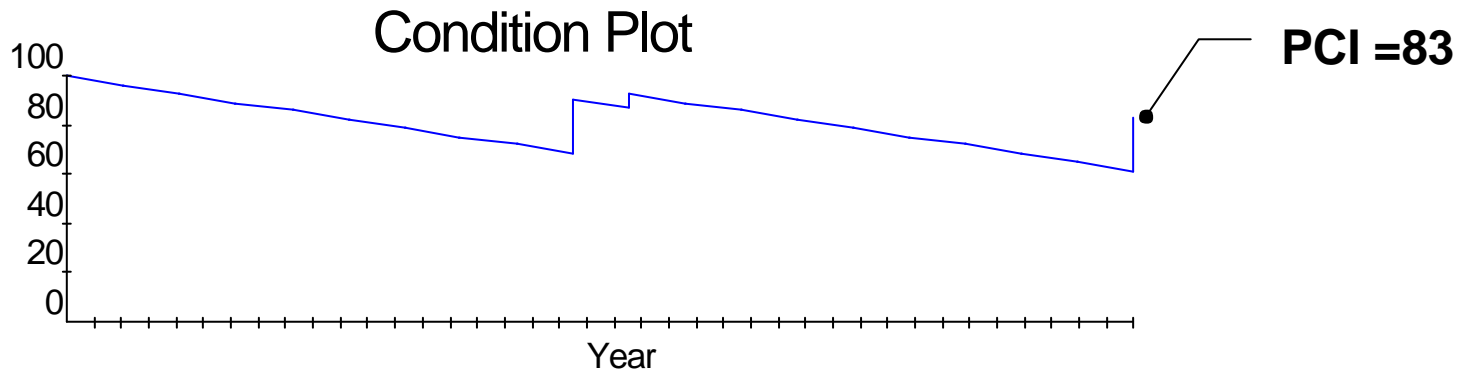
▪ LUEGO DE LA REPAVIMENTACION



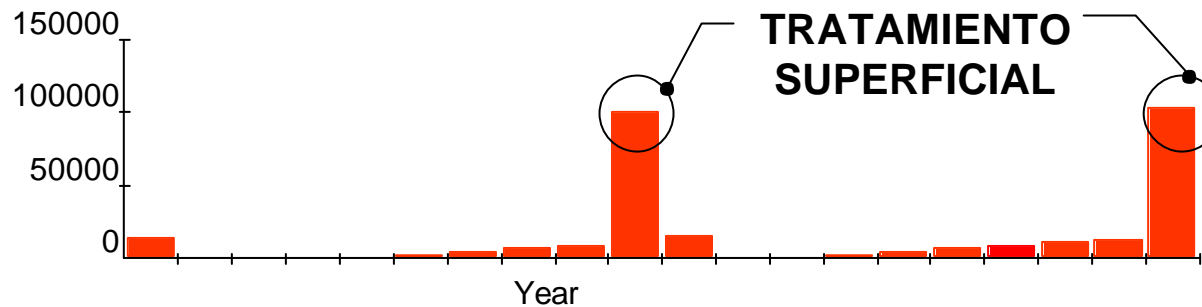
HIPOTESIS 1

FONDOS ILIMITADOS

▪ EVOLUCION DEL PCI



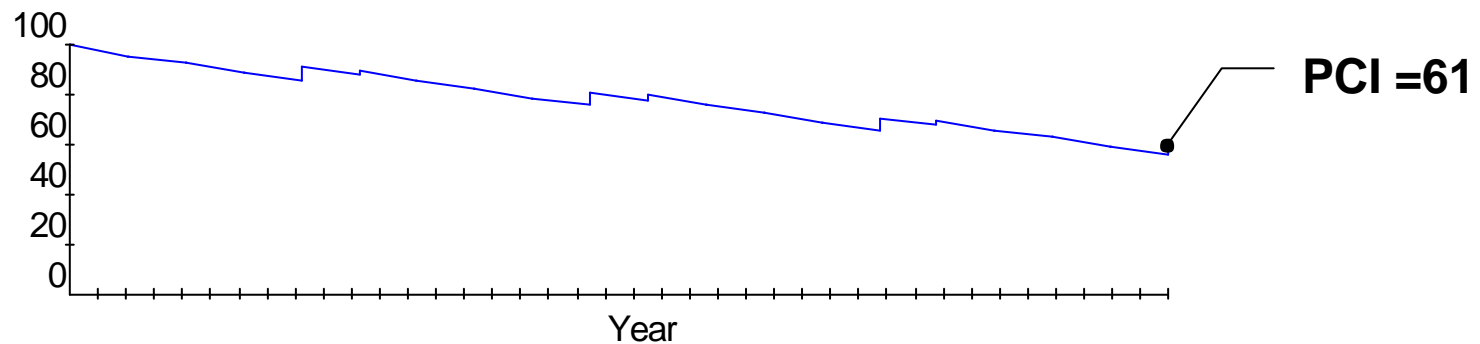
▪ FLUJO DE FONDOS REQUERIDOS



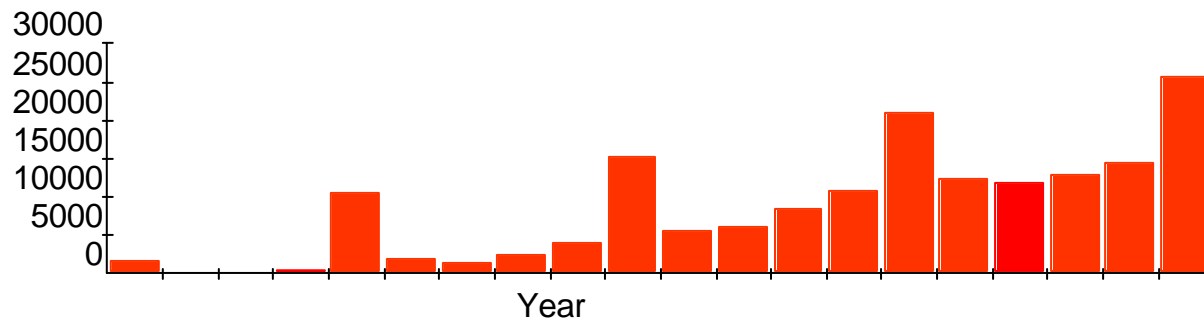
HIPOTESIS 2

PRESUPUESTO ANUAL = \$25.000

▪ EVOLUCION DEL PCI



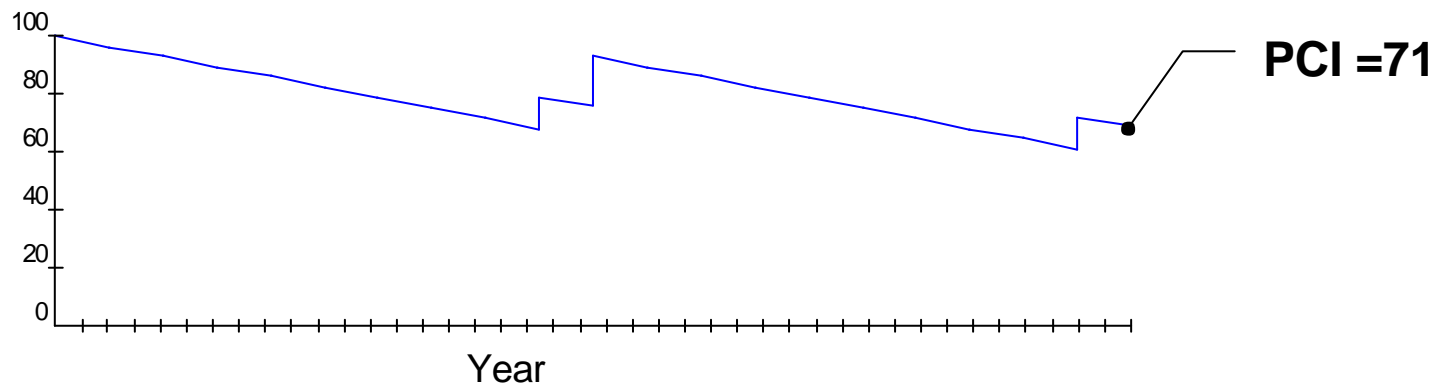
▪ FLUJO DE FONDOS REQUERIDOS



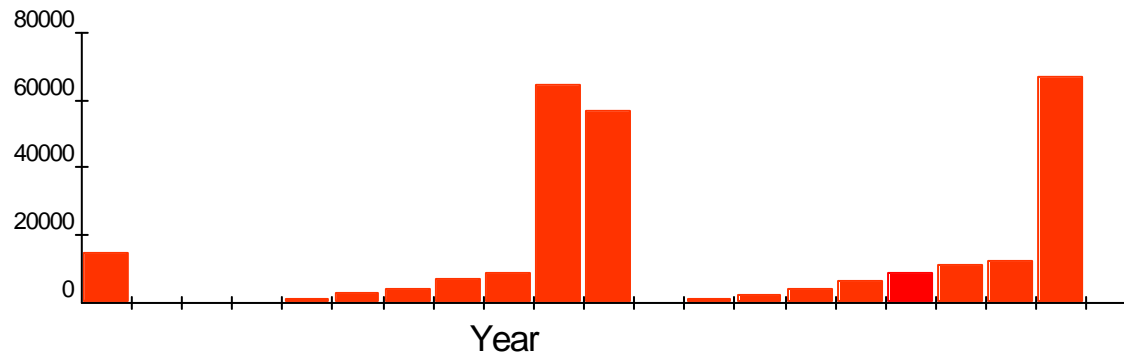
HIPOTESIS 3

OBTENER PCI=70 AL FINAL DEL PERIODO

EVOLUCION DEL PCI



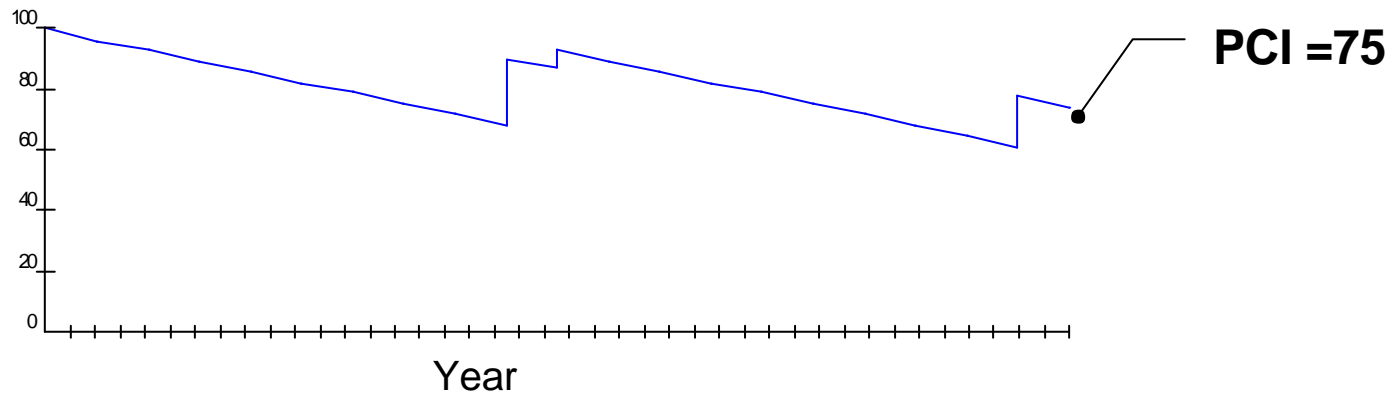
FLUJO DE FONDOS REQUERIDOS



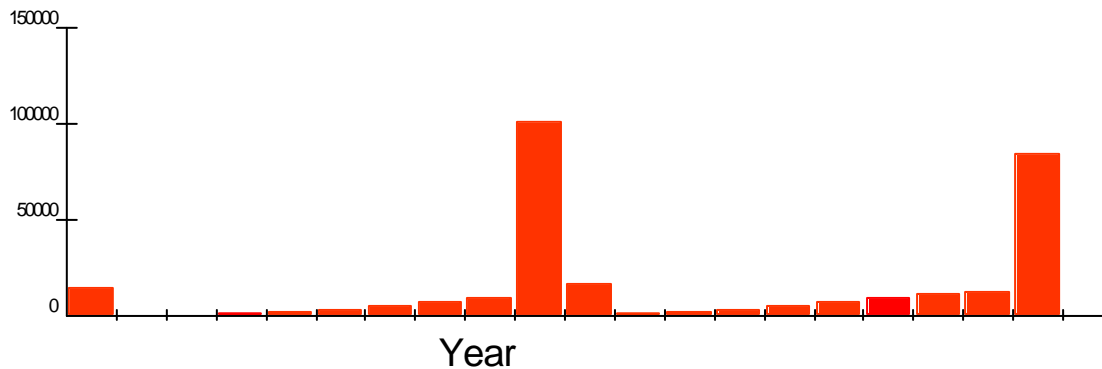
HIPOTESIS 4

OBTENER PCI=75 AL FINAL DEL PERIODO

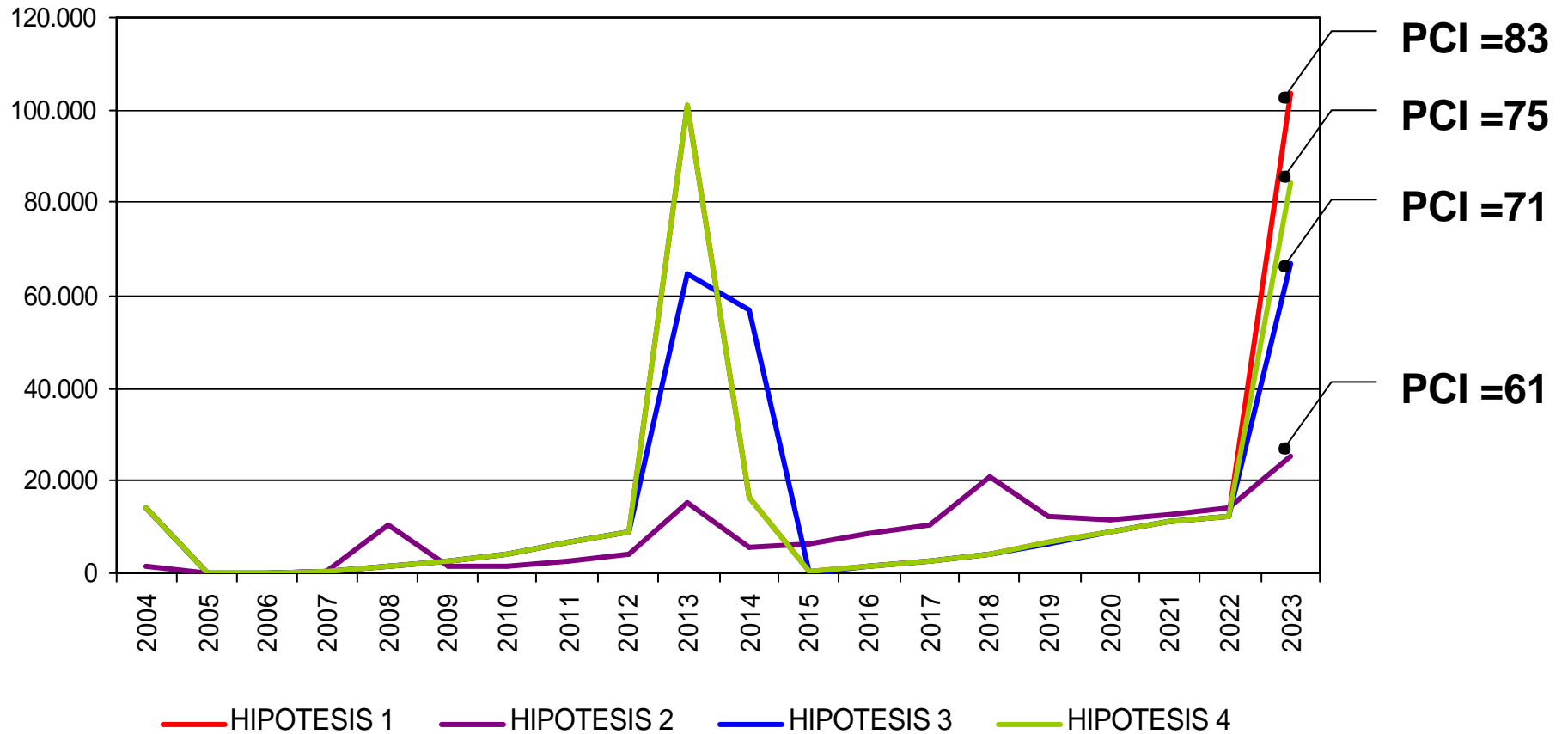
EVOLUCION DEL PCI



FLUJO DE FONDOS REQUERIDOS



COMPARACION DE FONDOS REQUERIDOS



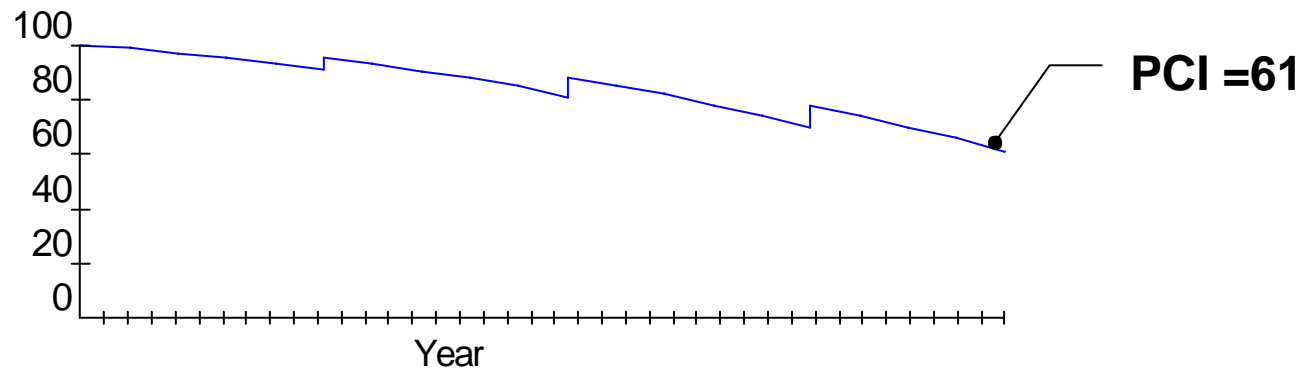
COMPARACION DE FONDOS REQUERIDOS

	PCI FINAL	INVERSION	VAN
HIPOTESIS 1	83	\$ 307.773	\$ 78.244
HIPOTESIS 2	61	\$ 166.019	\$ 37.145
HIPOTESIS 3	71	\$ 274.956	\$ 74.320
HIPOTESIS 4	75	\$ 288.882	\$ 76.286

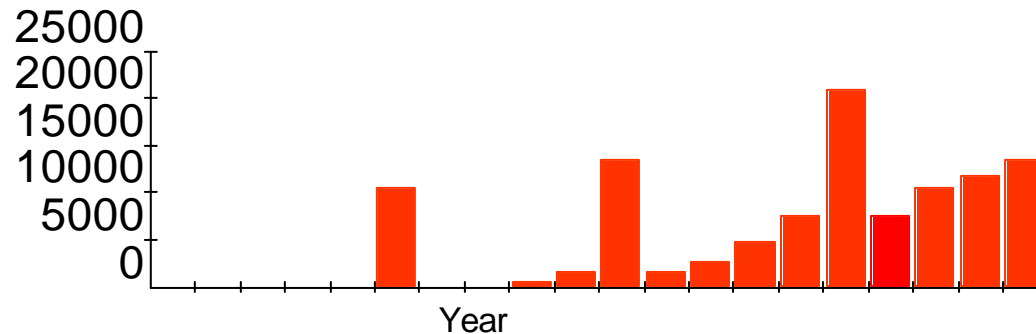
HIPOTESIS A

SIN INVERSION EN 5 AÑOS

▪ EVOLUCION DEL PCI



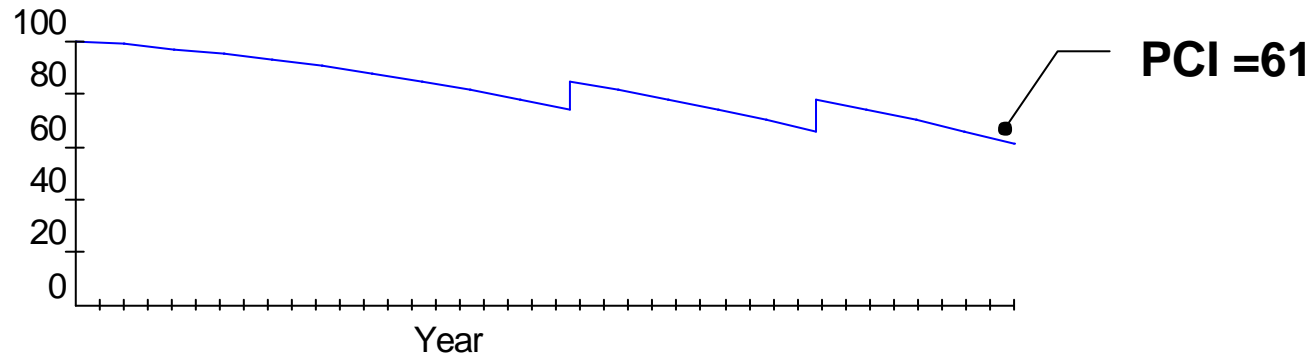
▪ FLUJO DE FONDOS REQUERIDOS



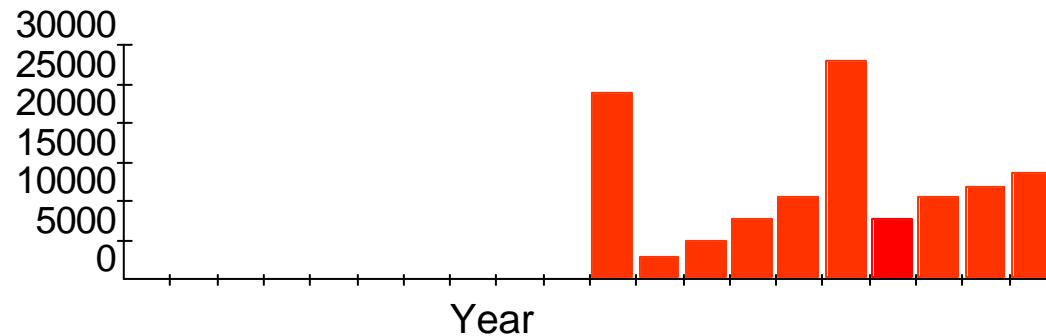
HIPOTESIS B

SIN INVERSION EN 10 AÑOS

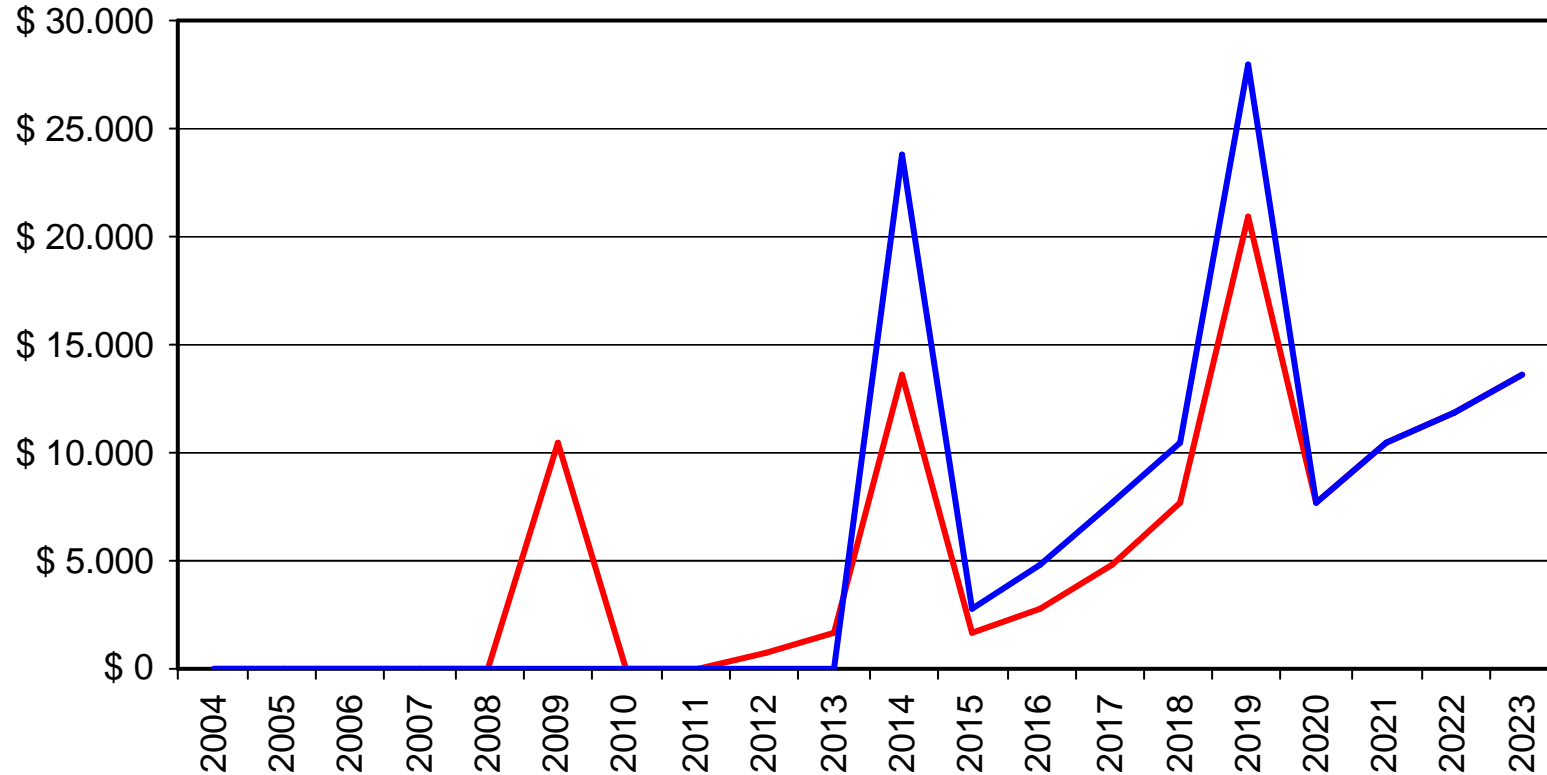
▪ EVOLUCION DEL PCI



▪ FLUJO DE FONDOS REQUERIDOS



COMPARACION DE FONDOS REQUERIDOS



— HIPOTESIS A
VAN = \$22.166

— HIPOTESIS B
VAN = \$21.999

PRINCIPALES DIFICULTADES

- Inconvenientes operativos
 - en campo
 - en gabinete
- Antecedentes poco confiables
- Desconocimiento de la evolución del deterioro del pavimento
- Incertidumbre en el uso futuro de la aeroestación

CONCLUSIONES (I)

EL SISTEMA DE GESTION es una herramienta que permite:

- Minimizar fallas costosas y mejorar la condición general del pavimento circunscribiéndose a un presupuesto
- Optimizar recursos disponibles, ejecutando en primer lugar las obras cuya postergación demandaría una inversión sustancialmente mayor
- Proveer información confiable del estado de la infraestructura
- Proveer herramientas para evaluar diferentes escenarios de presupuesto

CONCLUSIONES (II)

- A pesar de las dificultades encontradas, se han comenzado a elaborar los diferentes escenarios que permiten tomar decisiones técnico-económicas.
- En el caso particular de este desarrollo, se han ensamblado las necesidades estructurales y superficiales en un período de diseño prefijado.
- Asimismo se ha definido a nivel de anteproyecto las intervenciones futuras más importantes.



PREGUNTAS ?

