AEROPUERTO INTERNACIONAL "INCA MANCO CÁPAC"

CIUDAD DE JULIACA - DEPARTAMENTO DE PUNO, PERU

"PROYECTO: REHABILITACIÓN DE PISTA"
AEROPUERTOS ANDINOS DEL PERÚ

Contenido:

- **UBICACIÓN Y CLIMA**
- **ESQUEMA GENERAL DEL AEROPUERTO**
- **OBJETIVO**
- **DESCRIPCIÓN**
  - Alcance y Metodologías empleadas
- **ANÁLISIS DE ANTECEDENTES**
- **TAREAS DE CAMPO**
  - Topografía
  - Relevamiento Superficial y Drenajes existentes
  - Estudios Geotécnicos
- **TAREAS DE GABINETE**
  - Ensayos de Laboratorio
  - Análisis del Trafico Aéreo
  - Propuesta de Rehabilitación
  - Diseño Geométrico
  - Diseño Hidráulico
- **CONCLUSIONES**
- **RECOMENDACIONES**

Ubicación:

- **El Aeropuerto Internacional Inca Manco Cápac, está situado a unos 5 Kilómetros de la ciudad de Juliaca a una elevación de 3.825 msnm.**

- **Actualmente el Aeropuerto posee una pista de pavimento flexible de 4.200 metros de largo y 45 de ancho, márgenes pavimentados en 7,5 metros y franja de pista de 150 metros, calle de rodaje de 23,0 metros de ancho y plataforma de aeronaves.**

Clima:

- **En lo referente al clima, la ciudad de Juliaca presenta una amplia oscilación entre el día y la noche; aunque predomina el frío, siendo éste más intenso en el invierno, principalmente en los meses de junio y julio, alcanzando valores inferiores a 0 ºC. (Temperaturas bajo cero por la noche y sobre cero durante el día).**
- **La temperatura media se encuentra comprendida entre 4 y 10 °C, la temperatura máxima se mantiene uniforme a lo largo del año durante todos los meses con un promedio de 17 °C y la temperatura mínima tiene como un promedio de −7,5 °C durante el mes de julio.**

Esquema General:

Cab. 12

Pista 12-30:
4.200 m x 45 m

Cab. 30

Rodajes Alfa y Bravo:
180 m x 23 m

Objetivo:

"El estudio tiene por objeto realizar las investigaciones necesarias para desarrollar el Proyecto de rehabilitación de la pista existente y readecuación hidráulica del aeropuerto."

Descripción:

Metodologías empleadas:

Diseño de Pavimentos

FAA: Federal Aviation Administration" , Advisory Circular 150/5320-6E publicada en el año 2009
FAARFIELD

Diseño Geométrico

Anexo 14 – Aeródromos - Volumen I "Diseño y Operación de aeronaves" de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
Modelo de Elevación Digital (DEM), mediante el empleo del software Autocad Civil 2012.

Diseño Hidraúlico

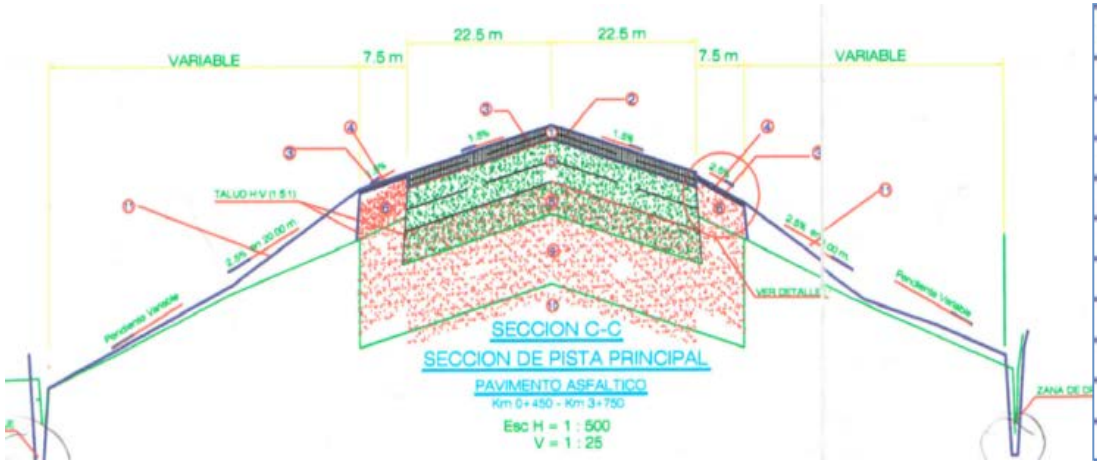
FAA – "Federal Aviation Administration" , Advisory Circular 150/5320-5C publicada en el año 2009.
Los cálculos hidrológicos -> (Hydrognomon, precipitaciones maximas)
Caudales -> software Hec-HMS, del Cuerpo de Ingenieros de los E.E.U.U.
Verificación Hidráulica de las cunetas -> Software Hec-Ras (C.I.E.E.U.U.)
Diseño Preliminar -> Software FlowMaster, (Bentley)
Alcantarillas -> Software HydraFlow Express (Autodesk)

Alcances:

- **Análisis de antecedentes**
- **Análisis de tráfico aéreo**
- **Levantamientos topográficos**
- **Estudios geotécnicos**
- **Inspección visual de las áreas en estudio**
- **Evaluación del sistema de Drenaje**
- **Propuestas de Rehabilitación**
- **Diseño Geométrico**
- **Cómputo Métrico**

Análisis de Antecedentes:

- **Evaluación Funcional y Estructural (EFE) de los pavimentos de la pista de aterrizaje, calles de rodaje y plataforma de aeronaves efectuado por el proyectista OppD Asesores & Consultores**
- **Revisión técnica de dicho informe realizada por GHAMA Ingeniería S.A.**
- **Perfiles de Pavimento Pista**



CAPA	DESCRIPCION
1	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE DE ESPESOR = 0.10 m, COLOCADO EN 2 CAPAS DE 0.05 m
2	CAPA BITUMINOSA LIGANTE
3	IMPRIMACION BITUMINOSA
4	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE DE ESPESOR VARIABLE (DE 8 A 0 cm), COLOCADO EN LA MARGEN
5	CAPA DE BASE DE AGREGADO TRITURADO DE ESPESOR 0.30 m COLOCADO EN 2 CAPAS DE 0.15 m
6	CAPA DE SUB- BASE DE ESPESOR VARIABLE COLOCADO EN CAPAS NO MAYORES DE 0.20 m EN LAS MARGENES LATERALES
8	CAPA DE BASE AGREGADO TRITURADO EXISTENTE, ESPESOR = 0.225 m
9	CAPA DE SUB BASE EXISTENTE, ESPESOR = 0.325 m
10	TERRENO DE SUB-RASANTE
11	RELLENO EN ZONA DE FRANJAS LATERALES

Tareas de Campo:

- **Levantamiento Topográfico**

Perfiles cada 12,5 m de alambrado a alambrado y Grillas de 5 x 5 en intersecciones:

Eje, borde de pista, márgenes, franjas, alcantarillas, sumideros, rodajes, giro de cabecera, balizamiento diurno y nocturno.

- **Relevamiento Visual**

La evaluación visual consistió en relevar los detalles más importantes referente a la presencia de fisuras, ahuellamiento, desprendimientos, baches, estado de bacheos, etc. correspondientes a la pista de aterrizaje.

Análisis y evaluación de los drenajes existentes

- **Estudios geotécnicos**

16 Calicatas en pista

6 Calicatas en margen

60 Testigos

- **Drenajes existentes**

Recorrido visual identificando el funcionamiento del Sistema de Drenajes existente.

Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

PAVIMENTOS:

- **La capa asfáltica del pavimento se encuentra muy deteriorada (fisuración lineal y en malla).**
- **Gran cantidad de bacheos en estado regular y malo.**
- **El agua se infiltra a través de estas grietas acelerando el deterioro de la carpeta.**
- **El sector central de la pista (progresivas 1+000 al 3+200) es el que presenta mayor deterioro.**
- **Actualmente, el ancho operativo de pista se encuentra reducido de 45 de 30 metros.**

Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

DRENAJES:

- **En sentido Sur y paralelo a la pista: Canal principal de concreto que descarga sus aguas al al Este hacia una alcantarilla ubicada fuera del aeropuerto desde donde son descargadas a la red de drenaje pluvial de la Ciudad de Juliaca.**

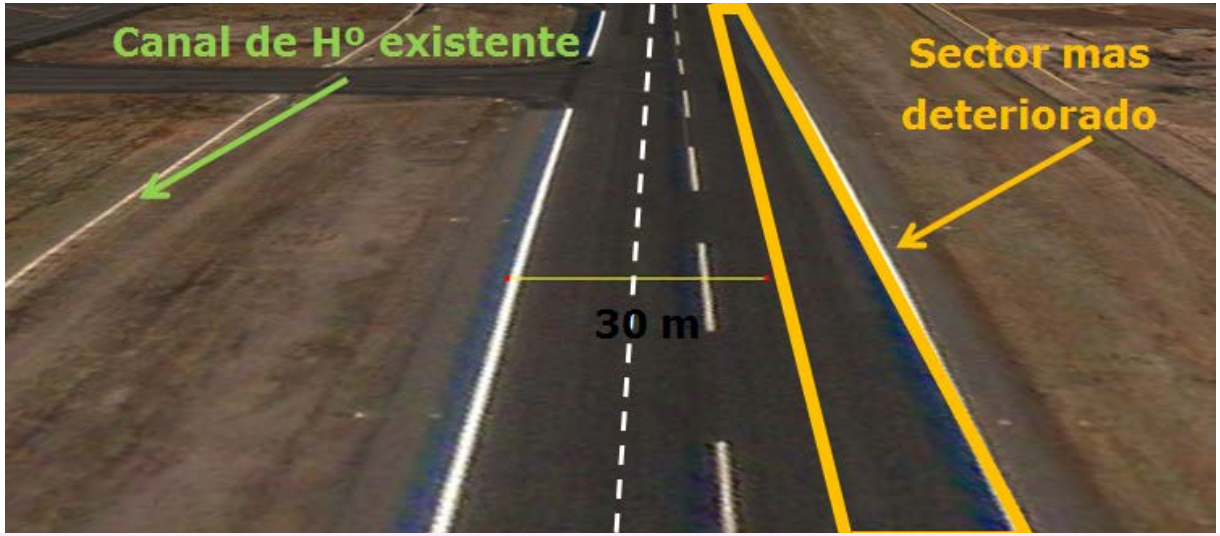
- **Hacia el Oeste, el canal continúa sin revestimiento, descargando su escorrentía fuera del aeropuerto.**

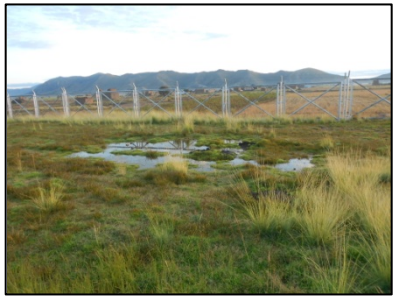
- **En sentido Norte y paralelo a la pista: No se observa un canal definido.**

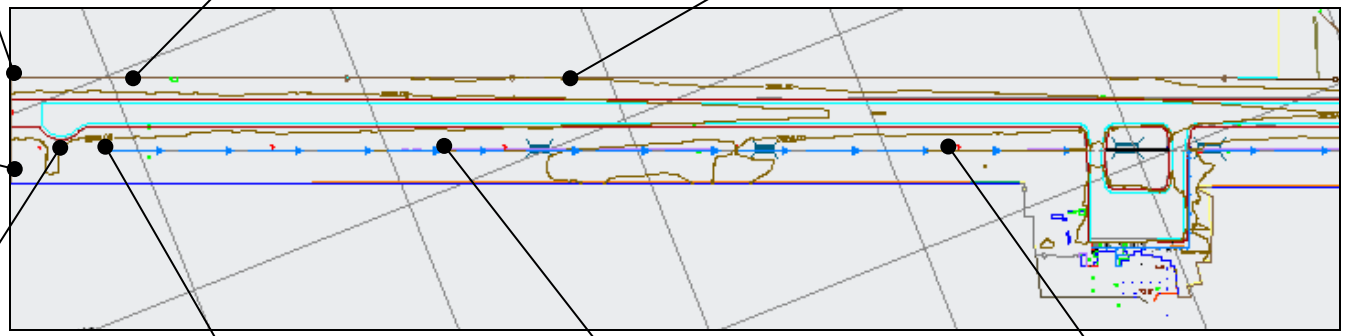
Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

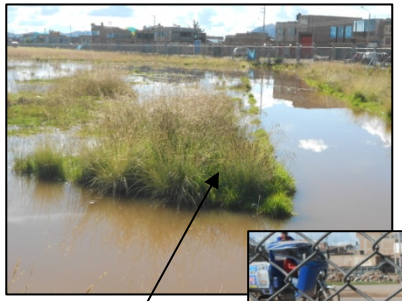
Al momento de la visita, el ancho operativo de la pista se encontraba reducido de 45 de 30 metros

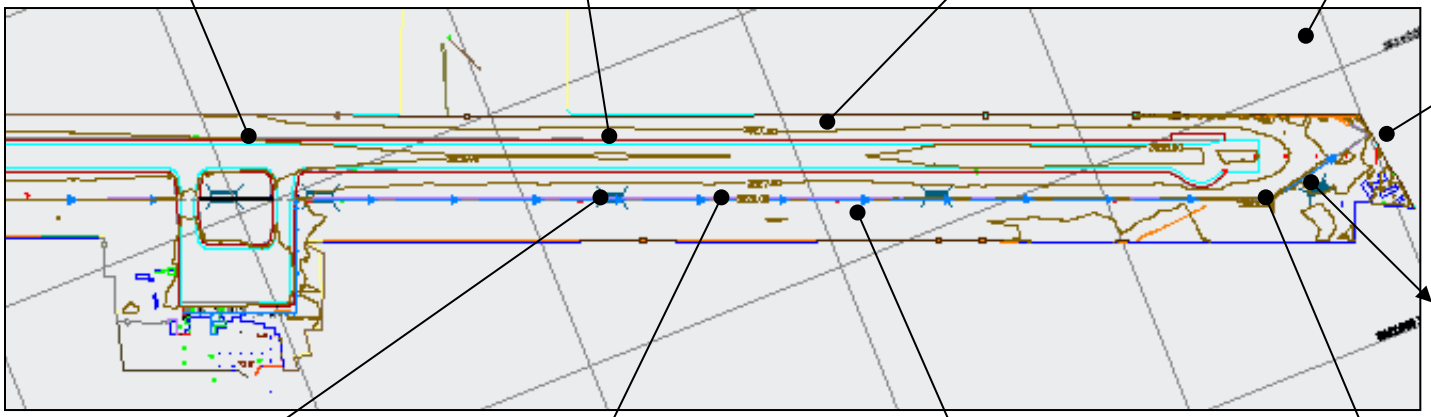
Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)











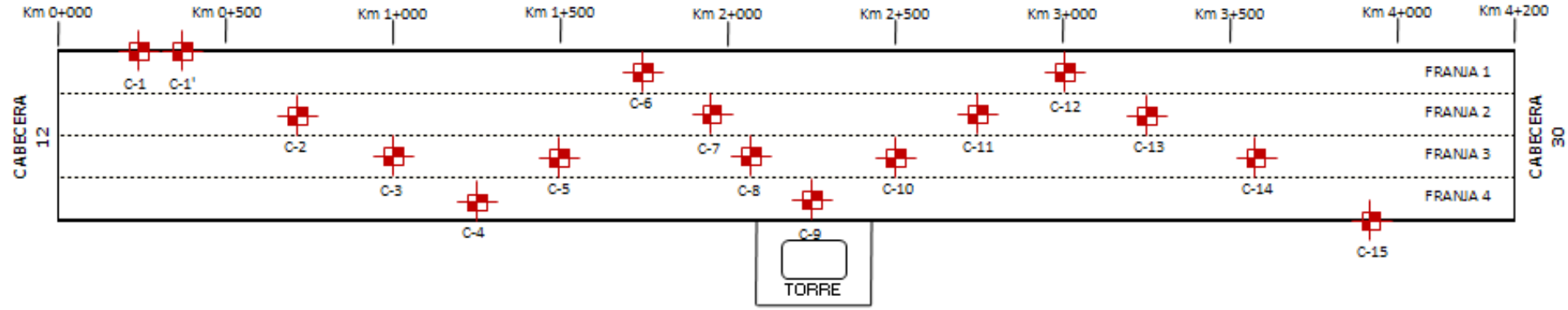
Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

Tareas de Campo: (Relevamiento Visual)

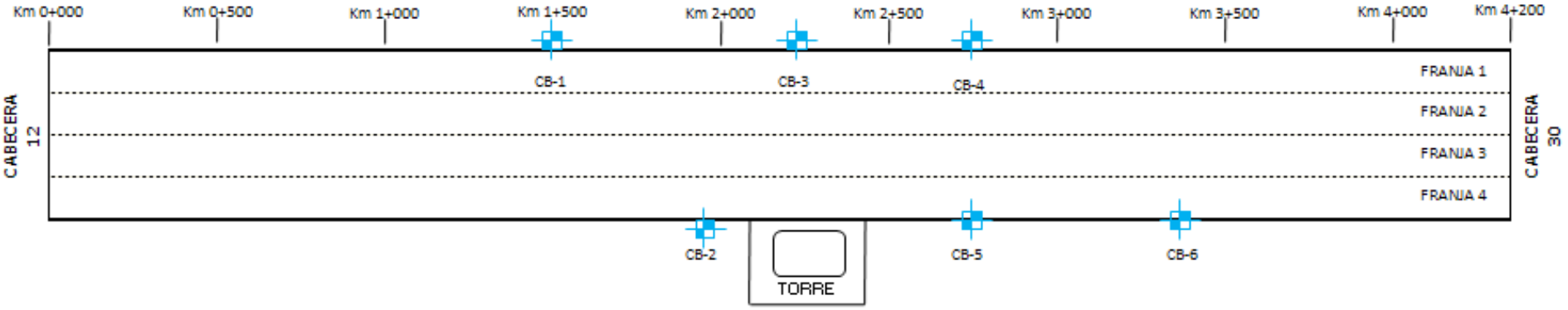
Tareas de Campo: (Estudios Geotécnicos)

- **Distribución y ubicación de las Calicatas:**

En Pista

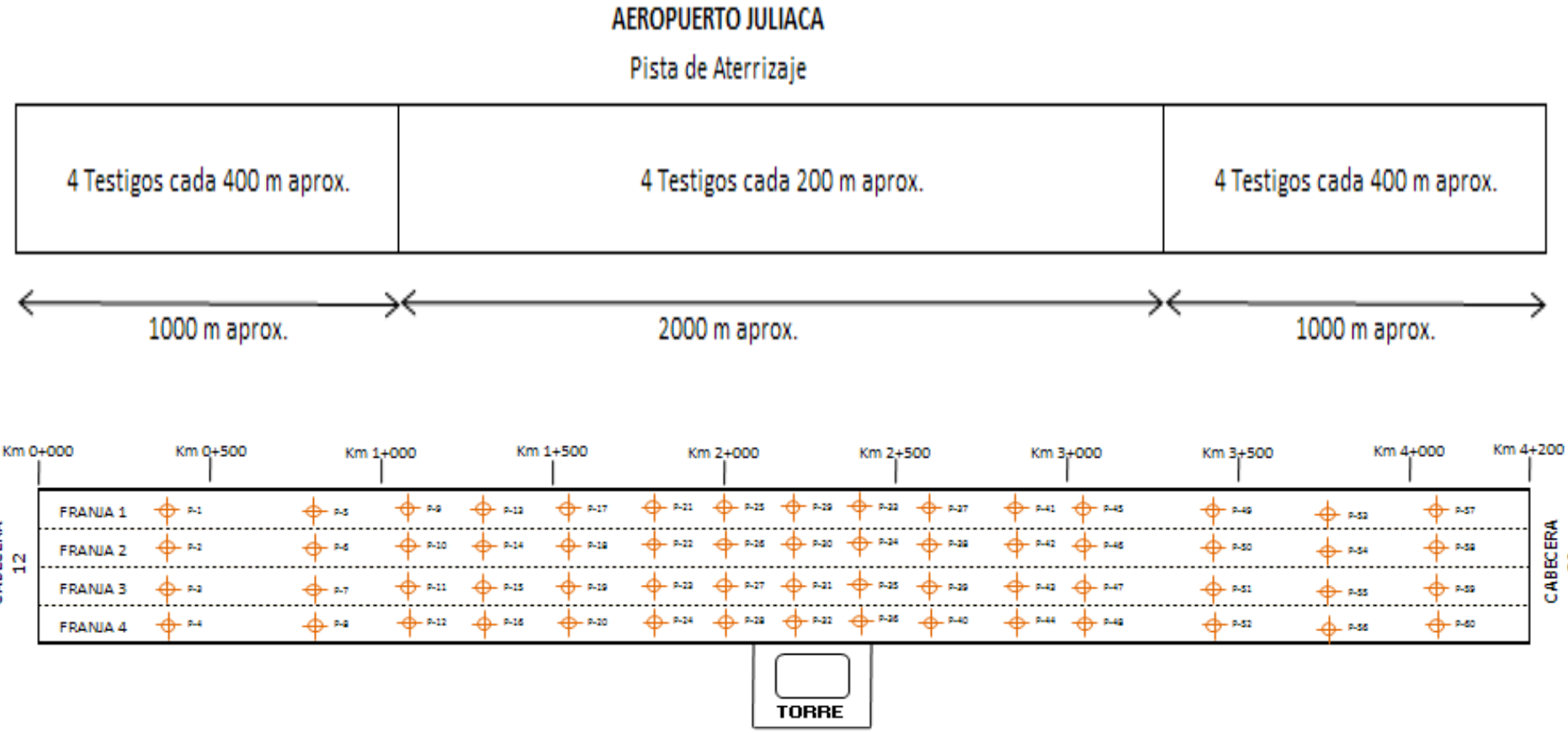


En Margen



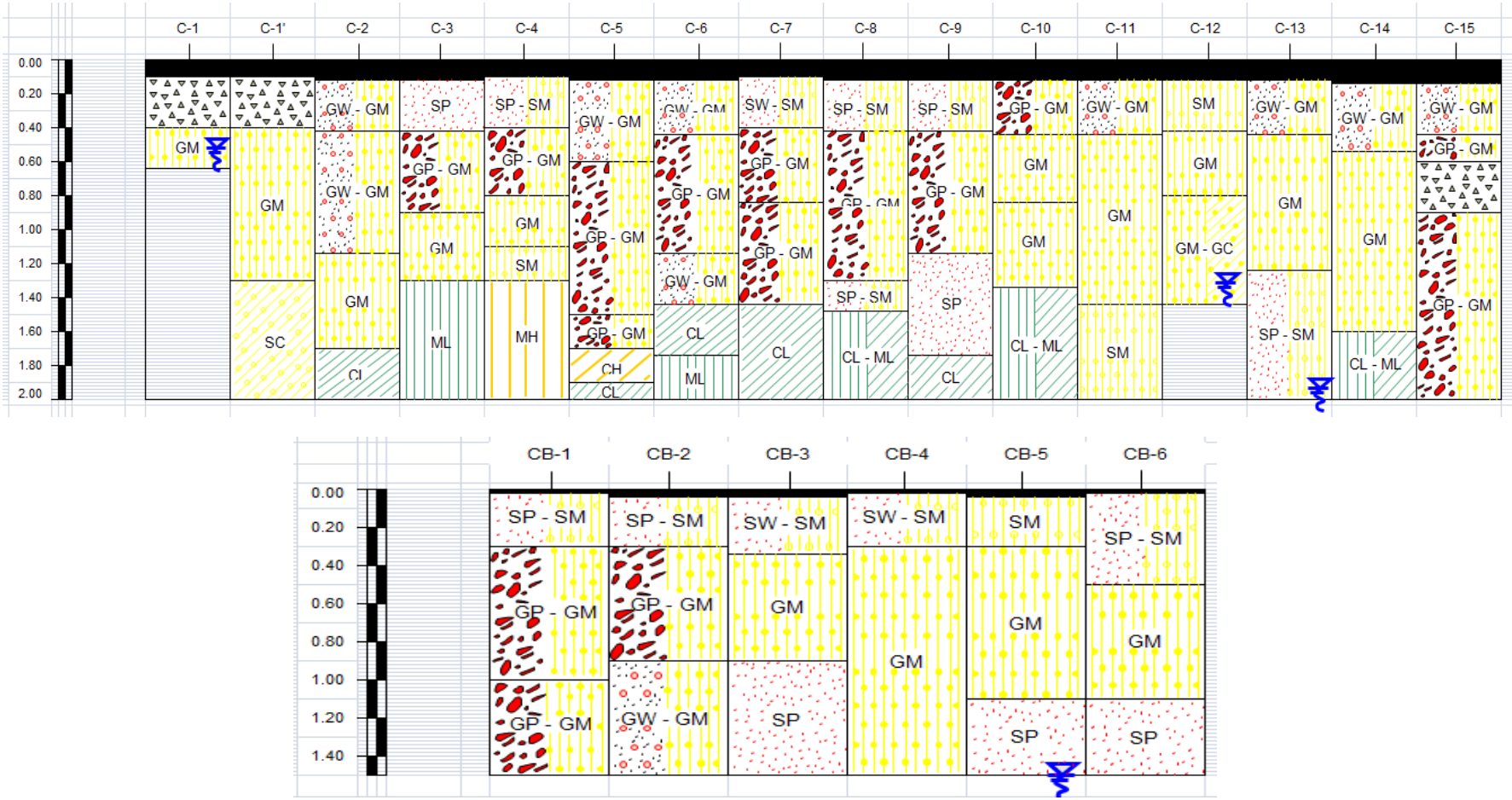
Tareas de Campo: (Estudios Geotécnicos)

- **Distribución y ubicación de los Testigos (Diamantinas):**

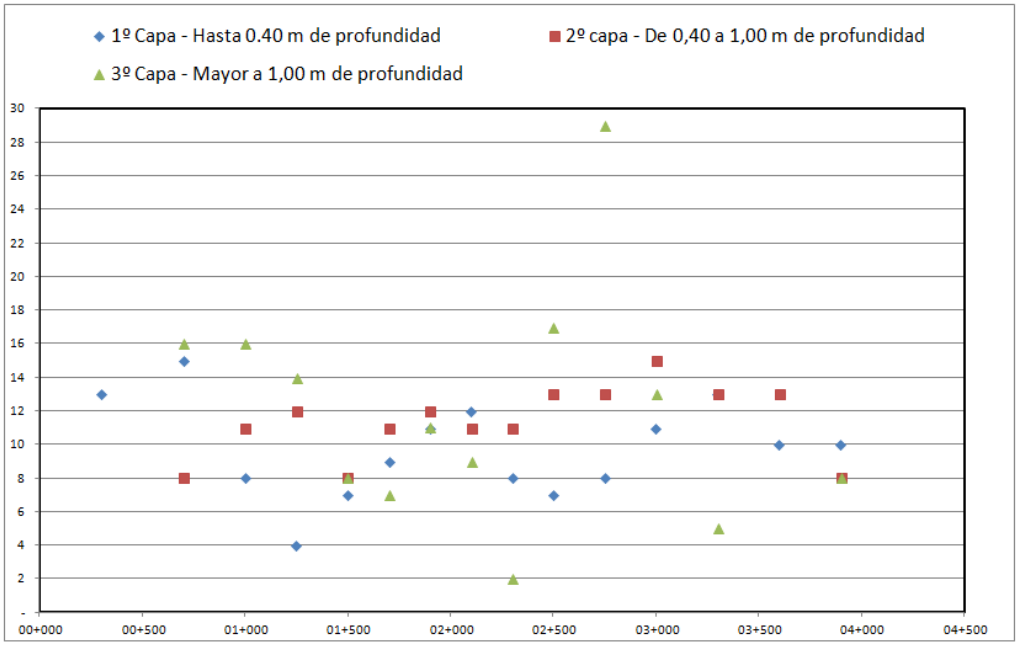


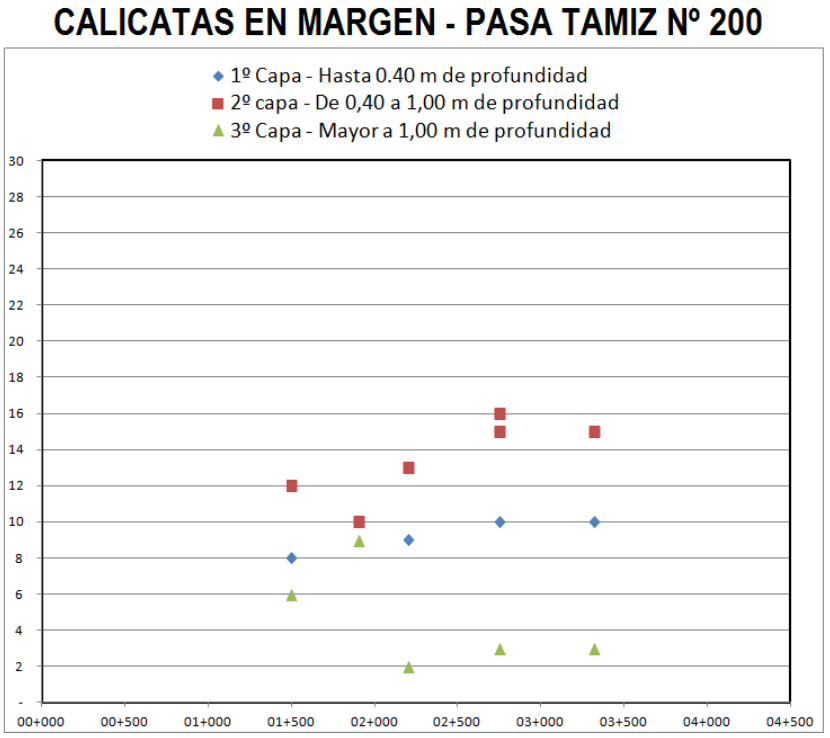
Tareas de Campo: (Estudios Geotécnicos)

Resumen Calicatas en pista



Tareas de Campo: (Estudios Geotécnicos)





Tareas de Campo: (Estudios Geotécnicos)

Resumen Testigos

Testigo Nº	PK	Franja	Espesor Superior (cm)	Espesor Inferior (cm)	Espesor Total (cm)
1	0+800	1	5,8	5,6	11,3
2		2	6,1	5,4	11,6
3		3	7,1	5,4	13,0
4		4	6,0	5,6	11,5
5	1+200	1	5,7	5,4	11,5
6		2	6,0	5,6	11,3
7		3	6,2	5,6	11,5
8		4	5,9	5,8	11,8
9	1+400	1	6,1	5,9	12,1
10		2	6,8	5,3	12,6
11		3	6,0	5,8	11,8
12		4	5,3	7,2	12,5
13	1+600	1	6,0	4,6	10,6
14		3	6,0	5,7	11,7
15		4	5,9	6,6	12,5
16	1+800	1	6,2	5,4	11,6
17		2	5,7	5,7	11,4
18		3	5,0	6,1	11,1
19		4	5,9	5,2	11,1
20	2+000	1	6,1	5,5	11,6
21		2	5,8	5,5	12,3
22		3	5,7	6,1	11,7
23		4	5,6	6,2	11,4
24	2+200	1	6,3	5,1	11,5
25		2	5,5	5,9	11,5
26		3	6,3	5,9	12,1
27		4	5,5	5,3	10,5
28	2+400	1	6,0	4,3	10,3

Testigo Nº	PK	Franja	Espesor Superior (cm)	Espesor Inferior (cm)	Espesor Total (cm)
29		2	5,4	4,8	10,2
30		3	5,3	5,4	10,7
31		4	5,3	5,5	10,8
32	2+600	1	6,3	4,4	10,6
33		2	6,1	5,2	11,1
34		3	6,6	5,9	12,5
35		4	6,0	5,0	10,7
36	2+800	1	5,8	5,5	11,1
37		2	6,1	5,7	11,8
38		3	6,5	6,0	12,5
39		4	6,5	6,0	12,5
40	3+000	1	5,9	6,3	12,1
41		2	6,5	5,3	11,9
42		3	6,3	5,4	11,7
43		4	6,5	5,5	12,0
44	3+400	1	6,5	5,7	12,2
45		2	6,4	5,8	12,2
46		3	5,3	5,5	10,6
47		4	6,0	5,6	11,5
48	3+800	1	6,5	5,3	11,8
49		2	6,7	4,8	11,2
50		3	6,0	5,6	11,3
51		4	5,9	5,3	11,1
52	4+100	1	5,1	5,8	10,8
53		2	5,9	4,9	11,4
54		3	5,5	5,6	11,1
55		4	5,9	6,1	12,2

Características de la Mezcla Asfáltica:

UBICACIÓN	ASFALTO (%)	PENETRACIÓN 25°C,100g, 5s, 0.1mm	DUCTILIDAD 25°C, 5cm/min (cm)	ENSAYO DE LA MANCHA
km 1+000 C-3 / Franja 3	6.2	49	26.6	Positivo
	5.9			
	6.6			
km 1+900 C-7 / Franja 2	6.2	52	23.5	Positivo
	6.2			
	5.8			
km 2+500 C-10 / Franja 3	6.5	50	27.5	Positivo
	6.3			
	6.0			
km 3+300 C-13 / Franja 2	6.5	51	22.5	Positivo
	6.2			
	6.1			

Tareas de Campo: (Estudios Geotécnicos)

Tráfico Aéreo:

Aerolínea	#	Destino	Frecuencia	Aeronave	Capacidad	Pax / Vuelo
LAN Perú	2	Lima (LIM)	Diaria	Airbus A319	144 pax	94 pax
	1	Arequipa (AQP)	Diaria			
	1	Cuzco (CUZ)	Diaria			
TACA Perú	1	Lima (LIM)	Diaria	Airbus A320	150 pax	112 pax
Star Perú	1	Juliaca (JUL)	Diaria	BAe146-200	92 pax	49 pax

Periodo de análisis (20 años, 2012 - 2032).

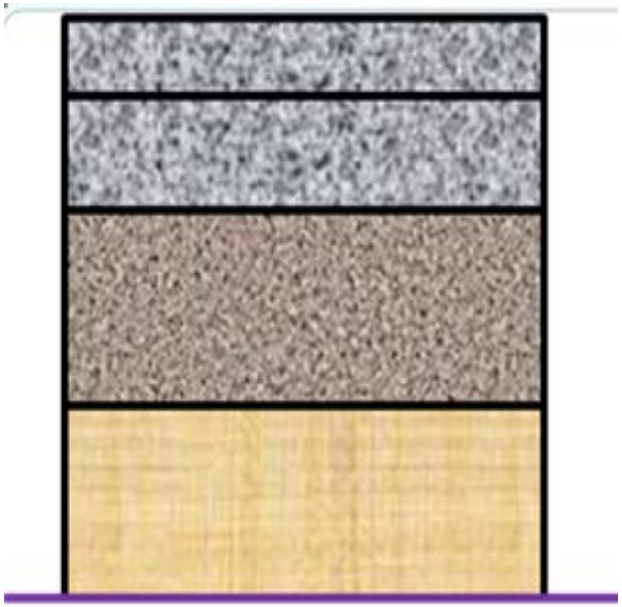
	Operaciones 2012	Totales	Media	Despegues
		20 Años	20 Años	Media 20 Años
Airbus A319	2754	93.550	4.678	2.339
Airbus A320	546	19.882	994	497
BAe146-200	585	21.289	1.064	532
F-16C	195	7.118	356	178

Se consideran para el diseño sólo los despegues

Propuesta de Rehabilitación

Estructura de Pavimento: (Elevando la cota de rasante)

- **Colocación de Carpeta de Concreto Asfáltico**
- **Colocación de Base Asfáltica**
- Capa de Base Granular drenante
- **Capa de Subbase Granular drenante**
- **Membrana Geotextil / Capa de contención del ascenso capilar**



Verificación Estructural

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section JUL in Job JULIACA.

The structure is Flexible.
Design Life = 20 years..

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness in	Modulus psi	Poisson's Ratio	Strength R,psi
1	P-401/ P-403 HMA Surface	5.12	200,000	0.35	0
2	P-209 Cr Ag	5.91	56,312	0.35	0
3	P-154 UnCr Ag	7.87	30,374	0.35	0
4	Subgrade	0.00	22,500	0.35	0

Total thickness to the top of the subgrade = 18.90 in

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. lbs	Annual Departures	% Annual Growth
1	A319-100 std	141,978	2,339	0.00
2	A320-100	150,796	497	0.00
3	BAe 146	95,000	532	0.00
4	F-16C	42,300	178	0.00

Additional Airplane Information

Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A319-100 std	0.63	0.63	1.50
2	A320-100	0.37	0.37	1.52
3	BAe 146	0.00	0.00	1.56
4	F-16C	0.00	0.00	2.87

Verificación Estructural (Alternativa constructiva->Menor cota de rasante)

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

The structure is AC Overlay on Flexible.
Design Life = 20 years.
A design has not been completed for this section.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness in	Modulus psi	Poisson's Ratio	Strength R,psi
1	P-401/ P-403 HMA Overlay	2.00	200,000	0.35	0
2	Undefined	3.15	150,000	0.35	0
3	P-209 Cr Ag	5.91	58,777	0.35	0
4	P-154 UnCr Ag	5.91	32,564	0.35	0
5	Subgrade	0.00	27,750	0.35	0

Total thickness to the top of the subgrade = 16.97 in

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. lbs	Annual Departures	% Annual Growth
1	A319-100 std	141,978	2,339	0.00
2	A320-100	150,796	497	0.00
3	BAe 146	95,000	532	0.00
4	F-16C	42,300	178	0.00

Additional Airplane Information

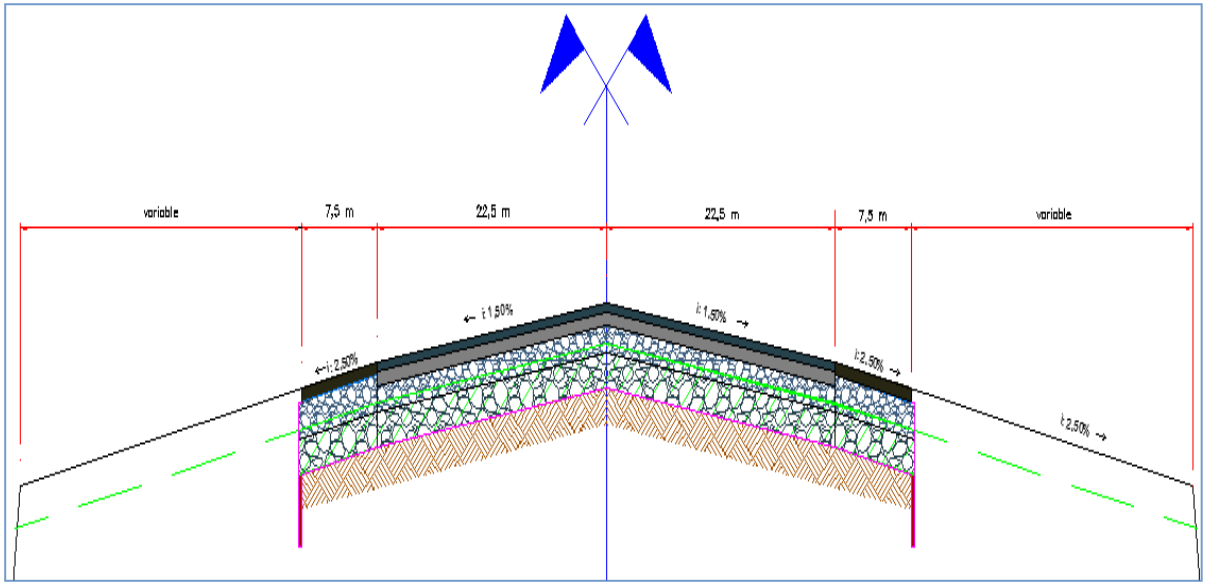
Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A319-100 std	0.62	0.62	1.59
2	A320-100	0.38	0.38	1.62
3	BAe 146	0.00	0.00	1.60
4	F-16C	0.00	0.00	3.07

Diseño Geométrico:

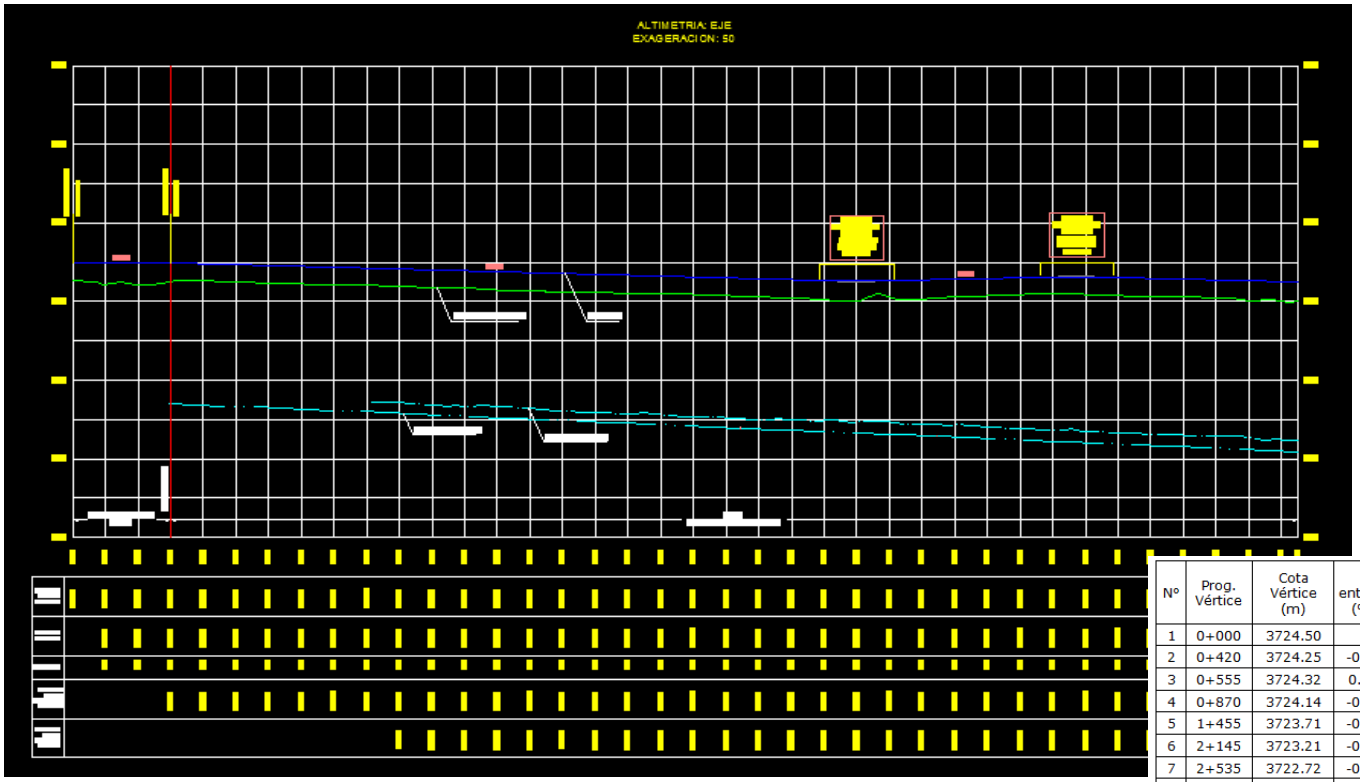
A continuación se detallan los parámetros utilizados en el diseño geométrico:

- Se proyecta la rehabilitación de la pista, normalizando las pendientes, tanto transversal como longitudinal.
- La pendiente transversal de la pista se adecuó a la máxima permitida por norma.
- La pendiente transversal en márgenes pavimentados se desarrollo en coincidencia con los valores máximos admitidos por norma.
- Las franjas de pista tiene una restricción física en el sector opuesto a la plataforma, de lo anterior surge que no se cumple por un pequeño margen con la norma OACI en cuanto a los valores de anchura de franja. Las pendientes transversales son las máximas permitidas por norma (2,5%).



Diseño Altimétrico:

La necesidad de demoler parte de la estructura existente, para luego materializar el paquete estructural requerido, da como resultado altimétrico una elevación de la rasante del eje de la Pista 12-30.



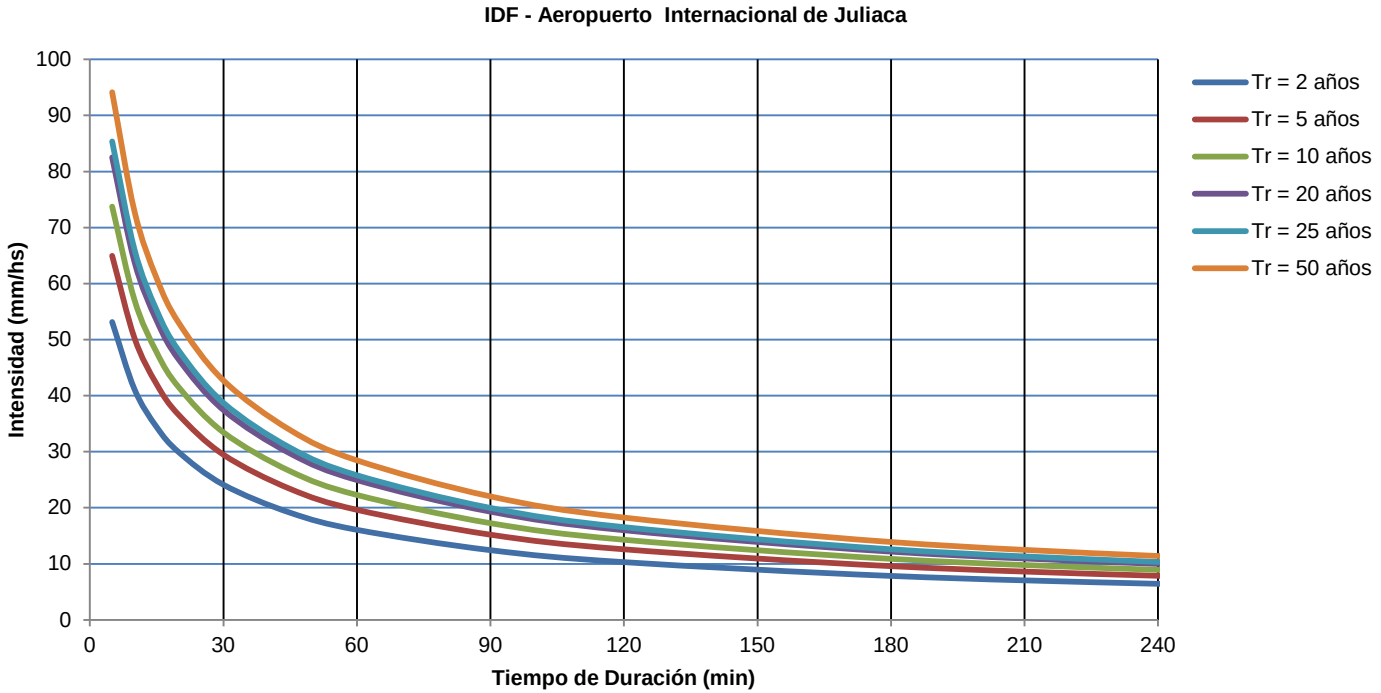
N°	Prog. Vértice	Cota Vértice (m)	i entrada (%)	i salida (%)	A (%)	Tipo de Curva	Long. de Curva (m)	K	Radio (m)
1	0+000	3724.50		-0.06					
2	0+420	3724.25	-0.06	0.06	0.12	Cóncava	45	386.91	38691
3	0+555	3724.32	0.06	-0.06	0.11	Convexa	45	395.54	39554
4	0+870	3724.14	-0.06	-0.07	0.02				
5	1+455	3723.71	-0.07	-0.07	0.00				
6	2+145	3723.21	-0.07	-0.13	0.06	Convexa	30	544.38	54438
7	2+535	3722.72	-0.13	-0.12	0.01	Cóncava	30	4885.88	488588
8	2+760	3722.44	-0.12	-0.02	0.10	Cóncava	45	432.92	43292
9	3+270	3722.36	-0.02	-0.04	0.03				
10	3+480	3722.26	-0.04	0.21	0.25	Cóncava	75	298.63	29863
11	3+695	3722.71	0.21	-0.04	0.24	Convexa	75	310.46	31046
12	4+197	3722.53	-0.04						

Diseño Hidráulico:

Diseño Hidráulico:

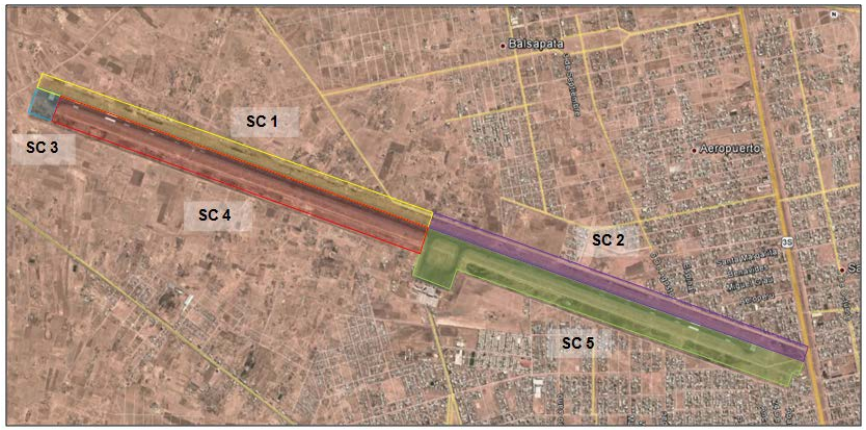
Estudio Hidrológico:

Trazado de las curvas IDF basado en registros históricos de precipitaciones totales diarias pertenecientes a la región de Juliaca y extraídos del reporte técnico: “Evaluación de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Cabanillas y Lampa”.



Diseño Hidráulico:

Delimitación de Subcuencas:

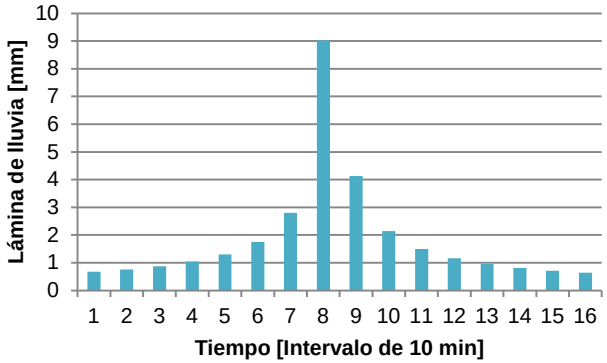


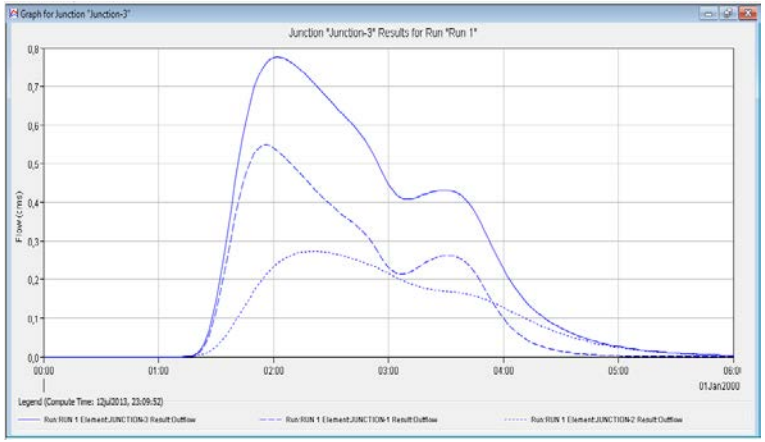
Cuenca Nº	Área (ha)	Ts Kirpich (min)	Ts FAA (min)	Ts (min)	Tt (min)	Tc (min)	T Lag (min)	CN -
SC 1	17,01	2,27	14,00	8,07	42,68	50,76	30,46	82,32
CS 2	16,36	-	-	-	49,10	99,86	59,92	82,17
CS 3	2,38	10,58	43,00	26,57	-	26,57	15,94	79,15
CS 4	32,71	-	-	-	39,02	65,59	39,35	78,14
CS 5	38,41	-	-	-	33,34	98,93	59,36	79,28

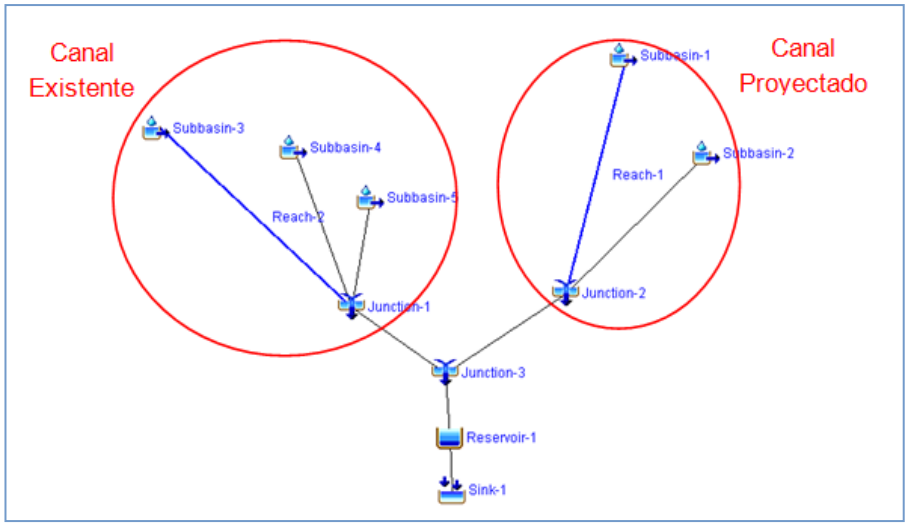
Diseño Hidráulico:

Modelación Hidrológica HEC-RAS:

Software HEC-HMS versión 3.5 desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del ejército de los Estados Unidos

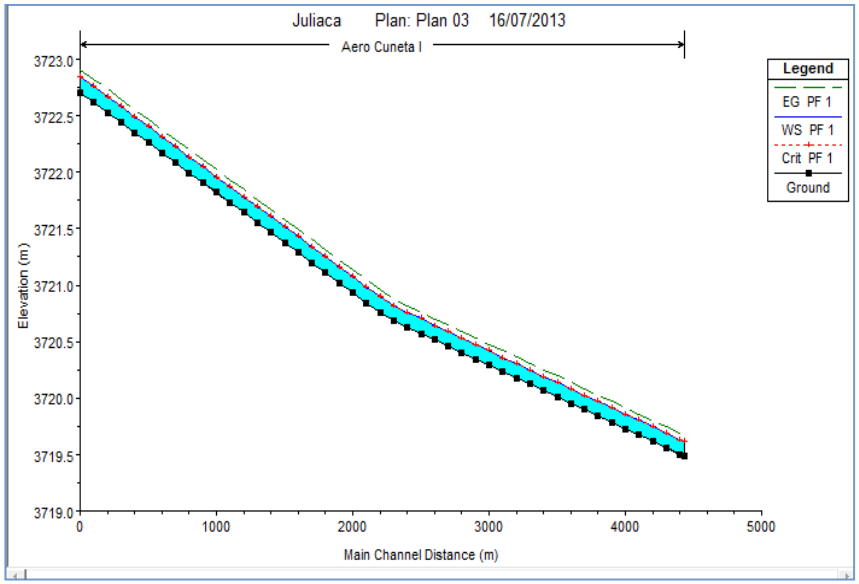




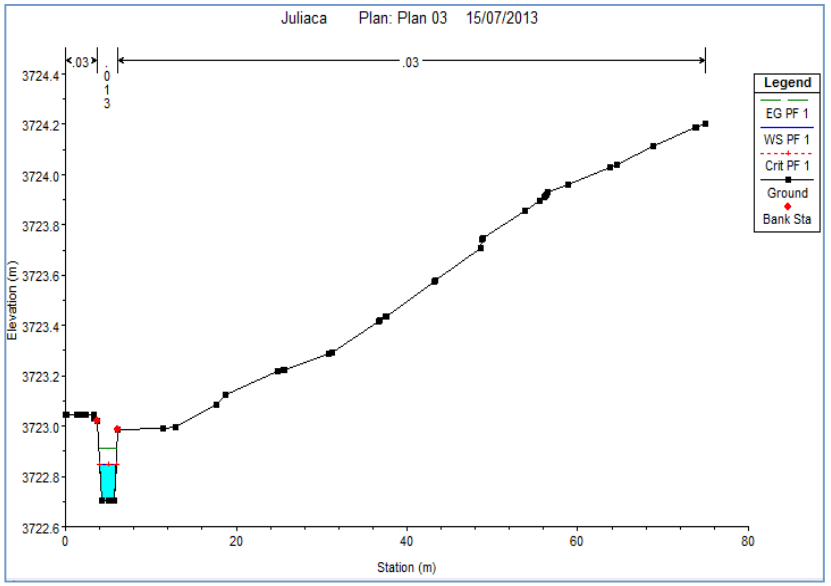


Modelación Hidráulica:

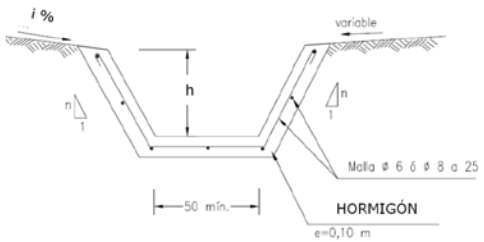
Verificar hidráulica del canal de Hormigón proyectado a través del software Hec-Ras del Cuerpo de Ingenieros de los E.E.U.U.



Nivel Altimétrico



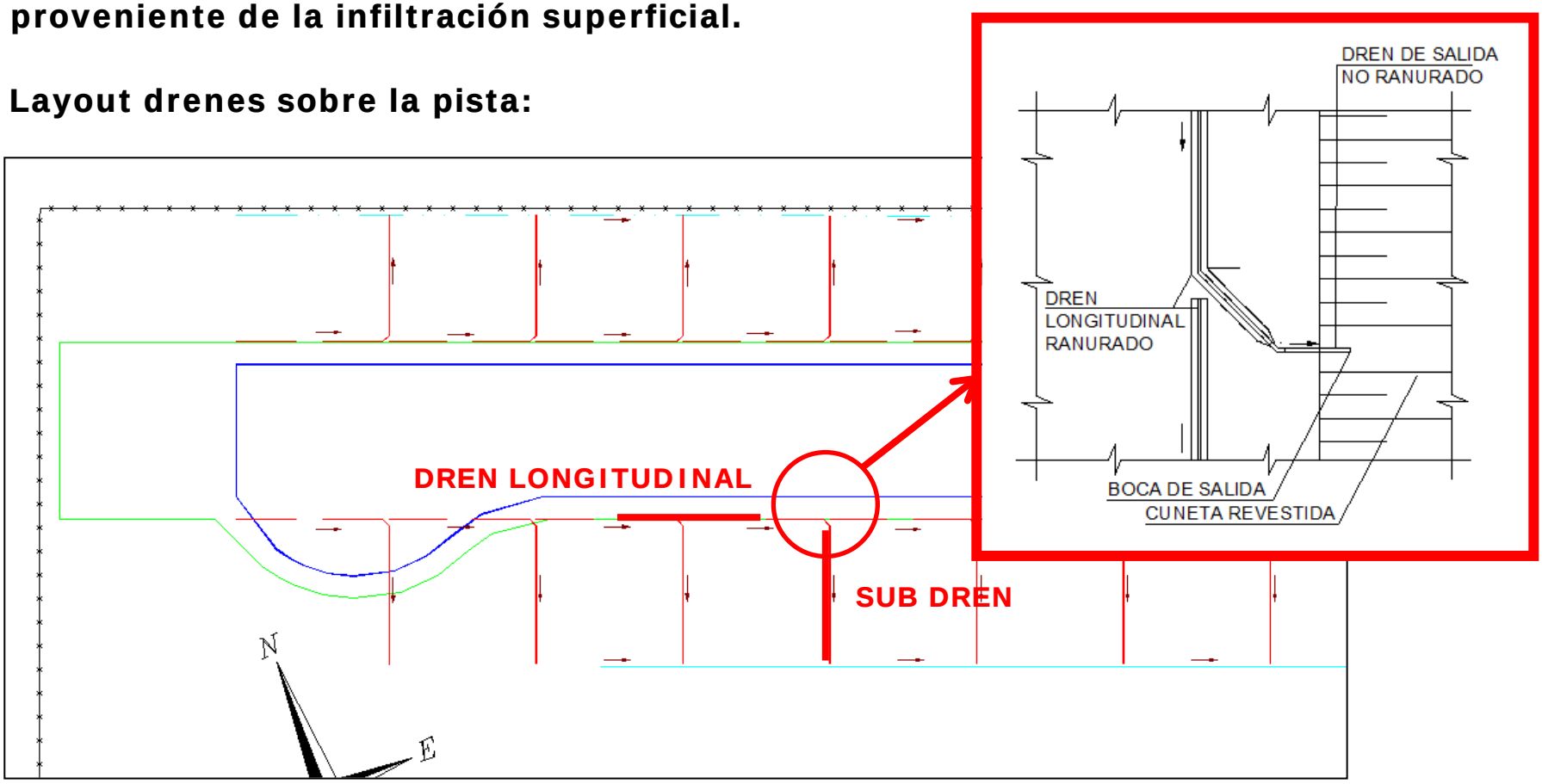
Sección Transversal



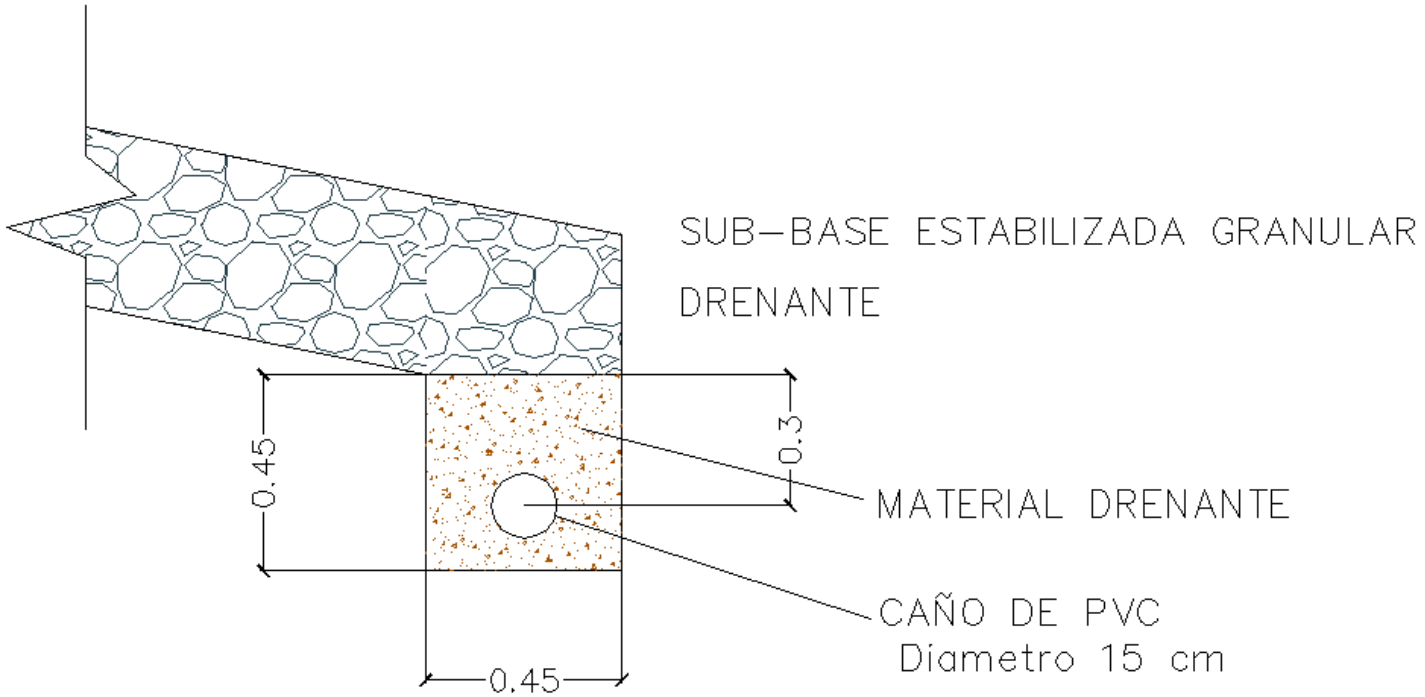
Subdrenes:

Son diseñados para colectar y remover el agua de la estructura de pavimento proveniente de la infiltración superficial.

Layout drenes sobre la pista:



Subdrenes:


SUB–BASE ESTABILIZADA GRANULAR
DRENANTE
0.45
0.3
MATERIAL DRENANTE
CAÑO DE PVC
Diametro 15 cm
0.45

Alternativas de Descarga:

Debido a los problemas actuales de anegamiento dentro del predio aeroportuario, se han planteado dos alternativas de solución al mismo.

RESERVORIO DE ATENUACIÓN

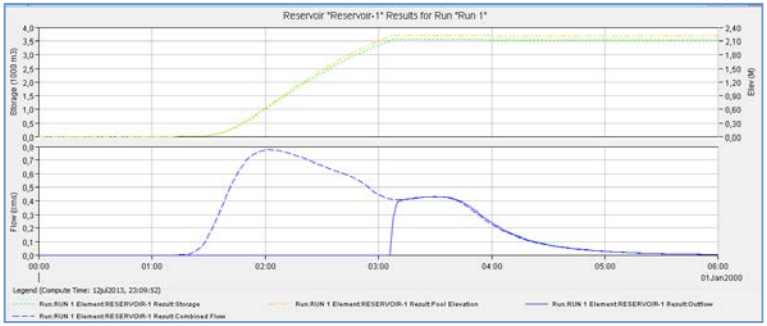
READECUACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

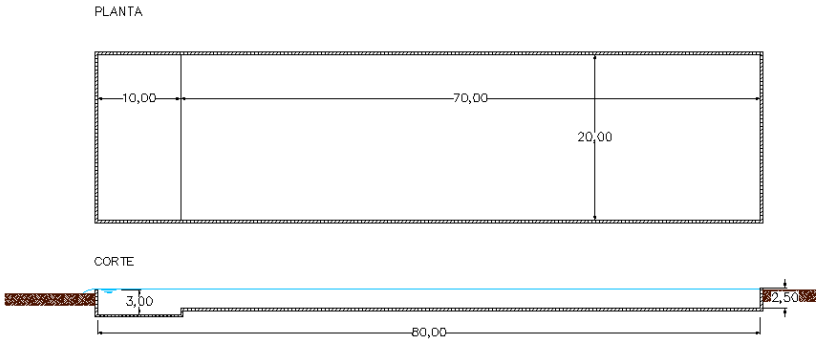
El Reservorio de atenuación tiene como principal función:

Atenuar el caudal pico o embalsar la totalidad del volumen de agua

Reservorio:

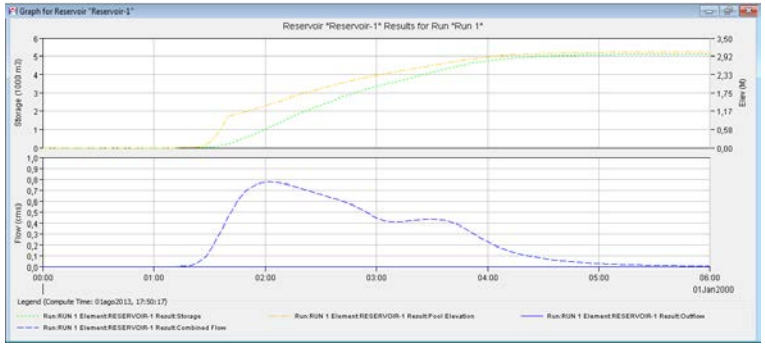
Modelación del reservorio para la atenuación y retardo del caudal pico de precipitación:

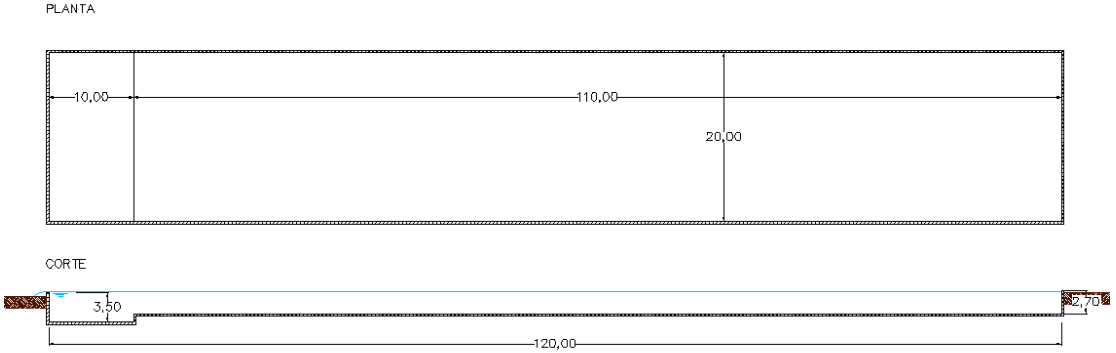




El reservorio deberá contener un vertedero capaz de erogar un caudal mínimo a fin de evitar la inundación de zonas aledañas. Luego será encauzado hacia la descarga final.

Modelación del reservorio para retener la totalidad del volumen de agua:





Readecuación de la Descarga:

Se evalúan 3 (tres) alternativas posibles para realizar el encauzamiento:

- Canal a cielo abierto de sección trapezoidal sin revestir
  (ancho solera = 1.50 m, alto = 0.80 m y taludes 1:1)
- Canal a cielo abierto de sección trapezoidal revestido con hormigón
  (ancho solera = 1.50 m, alto = 0.50 m y taludes 1:1)
- Entubamiento (diámetro = 1.00 m y h/D = 0.85)

Se plantea un mantenimiento rutinario en la Alcantarilla ubicada en la descarga.

Conclusiones:

- **Se eleva la cota de rasante**
- **Se aplica un paquete estructural drenante (Incluido en las estructuras del margen y evitando el efecto de "tapón")**
- **Se proyecta sub-drenes complementarios al paquete estructural drenante**
- **Se diseña cuneta de hormigón perimetral longitudinal**
- **Se recomienda readecuar el sistema de drenaje existente fuera de la zona Aeroportuaria completado con políticas de mantenimiento rutinario en la estructura de descarga.**
- **El empleo del reservorio podría traer aparejado el asentamiento de aves en el predio debido a la formación del espejo de agua con el consecuente riesgo a la operación de las aeronaves. Debería preverse la incorporación de un dispositivo especial para evitar el fenómeno**
- **Si bien estructuralmente los pavimentos son resistentes, es primordial para estos tipos de clima contemplar en detalle los aspectos hidráulicos y en particular las características de cada una de las capas componentes de la estructura del pavimento.**

Muchas Gracias por su atención.