

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO**
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

“PROYECTO EJECUTIVO DE LA PLATAFORMA DE LA T-2
DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL
DE LA CIUDAD DE MEXICO”

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

JOSE ALBERTO SEGOVIANO CADENA

ASESOR:
Ing. JOSE MARIO AVALOS HERNANDEZ





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer principalmente a mis papas, gracias a su apoyo, amor y dedicación logré la culminación de una carrera profesional y esta tesis es la prueba de ello.

A mi tía Lupe que sin su apoyo hubiera sido difícil la continuación de los estudios.

A todas las personas que fueron partícipes en este proceso, lo hago así, para no olvidar ningún nombre.

A Dios, por todo...



INDICE

	Página
INTRODUCCION	5
CAPITULO I.- ANTECEDENTES	6
I.1.- Localización.	6
I.2.- Características.	9
I.3.- Clima.	9
I.4.- Geología.	10
I.5.- Topografía.	10
I.6.- Hidrografía.	10
I.7.- Fisiografía.	10
I.8.- Sismicidad.	11
I.9.- Operación actual.	11
CAPITULO II.- ESTUDIOS PREVIOS.	13
II.1.- Estudios Topográficos.	14
II.1.1.- Generalidades.	14
II.1.2.- Planta Topográfica.	17
II.1.3.- Secciones transversales.	17
II.2.- Estudio de bancos de materiales.	18
II.2.1.- Trabajos de Campo.	18
II.2.2.- Ensayes de laboratorio.	20
CAPITULO III. PROYECTO EJECUTIVO.	22
III.1.- Proyecto geométrico de alineamiento vertical y de drenaje.	23
III.1.1.- Proyecto Geométrico.	23
III.1.2.- Proyecto del sistema de drenaje.	23
III.2.- Evaluación estructural del pavimento.	25
III.2.1.- Desplazamientos verticales.	25
III.2.1.1.- Medición de desplazamientos verticales.	27
III.2.1.2.- Módulos elásticos de las capas.	33
III.2.2.- Exploración y muestreo.	34
III.2.2.1.- Pruebas de laboratorio.	36
III.2.3.- Análisis de la estructura del pavimento actual.	40
III.2.3.1.- Generalidades.	40
III.2.3.2.- Objetivo.	40
III.2.3.3.- Consideraciones para el diseño del pavimento.	40
III.2.3.4.- Pavimentos de concreto asfáltico.	41
III.2.3.5.- Análisis del pavimento para las aeronaves A380 y B777.	41
III.2.3.6.- Análisis del pavimento para la aeronave Airbus 380.	42
III.2.3.7.- Análisis del pavimento para la aeronave Boeing 777	45



	Página
III.2.3.8.- Informes preliminares de la aeronave Boeing 777.	45
III.2.3.9.- Conclusiones del cálculo para las aeronaves A380 y B777.	48
III.2.3.10.- Recomendaciones para las aeronaves A380 y B777.	48
III.2.4.- Notificación del número de clasificación del pavimento (PCN).	48
III.2.4.1.- Aeronave de proyecto.	49
III.2.4.2.- Conclusiones del método ACN/PCN.	50
III.3.- Problemas especiales.	50
III.4.- Proyecto ejecutivo para la reconstrucción del pavimento.	51
III.4.1.- Generalidades.	51
III.4.2.- Alternativas para la construcción del pavimento de concreto asfáltico e hidráulico.	51
III.4.3.- Resultados del análisis de las alternativas.	54
III.5.- Proyecto de iluminación.	55
III.6.- Proyecto de señalamiento horizontal.	56
III.6.1.- Introducción.	56
III.6.2.- Señales de puesto de estacionamiento de aeronaves	56
CAPITULO IV. CATALOGO DE CONCEPTOS.	58
CONCLUSIONES.	68
ANEXOS	72
BIBLIOGRAFIA.	88



INTRODUCCION



INTRODUCCION.

La notable dificultad de la actividad operacional que presenta el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, dentro de su programa de inversión y del plan maestro de desarrollo, marcó la pauta para que se realice el estudio y proyecto para la construcción de otra Terminal de pasajeros (Terminal No 2) y de las áreas que engloba como son los rodajes, por lo que resulta necesario construir obras inmediatas, para que las áreas operacionales mantengan un nivel óptimo y seguro para las operaciones aeronáuticas.

Por lo descrito anteriormente resulta necesario realizar una serie de trabajos tanto en gabinete como en campo, para tener conocimiento de la actual condición estructural del pavimento, lo cuál marcará la pauta para recomendar los trabajos necesarios de rehabilitación o en su caso reconstrucción parcial o total de los pavimentos en las diferentes áreas operacionales, manteniendo la seguridad en las operaciones aeronáuticas.



CAPITULO I

ANTECEDENTES



I.- ANTECEDENTES

I.1.- LOCALIZACION.

Las coordenadas geográficas de la Ciudad de México son: Al norte 19°36', al sur 19°03' de latitud norte; al este 98°57', al oeste 99°22' de longitud oeste. El Distrito Federal colinda al norte, este y oeste con el estado de México y al sur con el estado de Morelos.

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (El Aeropuerto), cuyo punto de referencia se encuentra ubicado entre las dos pistas a 2,160 m del umbral de la cabecera 23 Izquierda, el cual se ubica en el paralelo 19° 26'07" de latitud norte y 99° 04' 20" de longitud oeste; parte de sus instalaciones comprenden las pistas 05-23 Derecha y 05-23 Izquierda, siete rodajes denominados Alfa, Bravo, Coca, Delta, Eco, Fox y Golfo así como cuatro plataformas; Comercial, Sur, Norte y la plataforma de Aduana; en la parte sur oeste se encuentra ubicada la Terminal 2. La elevación del aeropuerto es de 2,237.5 msnm.



LOCALIZACION DE LA TERMINAL DOS EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO



I.2.- Características

El Aeropuerto tiene asignada la clave MEX; es de tipo Metropolitano con clasificación Internacional.

Tiene un total de 288 operaciones comerciales y de carga diarias, aproximadamente.

I.3 Clima

El Distrito Federal se encuentra en la zona intertropical, en la que por su latitud la temperatura es alta, sin embargo, esa condición es modificada por la altitud y el relieve, de esta manera, 57.0% del territorio de esa entidad presenta clima templado, 33.0% climas semifríos y 10.0% clima semiseco.

Del norte hacia el noroeste, centro, centrosur y este, se distribuye el clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Esta extensa zona tiene una altitud que va de 2,250.0 m en Iztapalapa a 2,900.0 m en la Sierra de Guadalupe, en las laderas orientales de la Sierra de las Cruces y en las laderas boreales de la Sierra Ajusco-Chichinautzin; en ella, la temperatura media anual varía de 12.0°C en las partes más altas a 18.0°C en las de menor altitud, en ese mismo orden, la precipitación total anual va de 1,000 a 600 mm. y el periodo en que se concentra la lluvia es el verano.

El clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano se localiza bordeando por el sur la zona antes descrita. Se muestra como una franja orientada noroeste-sureste y comprende los terrenos de mayor altitud (de 2,900.0 m hacia arriba) en las sierras De las Cruces y Ajusco-Chichinautzin. Su temperatura media anual llega a 12.0°C en las partes más bajas de la zona y a 5.0°C en las cimas de las sierras; la precipitación total anual varia de 1,000.0 a 1,500.0 mm.

En los terrenos cercanos a los límites suroeste y sur del Distrito Federal se presenta el clima semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano. Este cubre 10.0% de la superficie de la entidad en las vertientes occidental y sur de los cerros La Cruz del Marqués (Ajusco) y Pelado, y el Volcán Chichinautzin. La temperatura media anual varía dentro del mismo rango del clima semifrío subhúmedo, pero la precipitación total anual es un poco mayor; pues va de 1,200.0 a más de 1,500.0 mm.

La zona menos húmeda está situada en los alrededores del aeropuerto internacional de la Ciudad de México y hacia el norte del mismo aeropuerto; pertenece al clima semiseco templado con lluvias en verano, que tiene como características distintivas en estos lugares un rango de temperatura media anual de 14.0° a 18.0°C y una precipitación total anual de 500 a 600 mm.



I.4 Geología

La roca ígnea extrusiva, cubre más de las tres quintas partes de la superficie del Distrito Federal. Estos afloramientos corresponden a dos periodos diferentes de la Era del *Cenozoico* (63 millones de años aproximadamente); el más reciente es el Periodo Cuaternario, con afloramientos rocosos ígneos extrusivos (44.7%) y suelo (31.6%), ubicados, el primero; de la parte central hacia el sur y el segundo, en la zona norte. El Periodo Terciario se caracteriza por los afloramientos de rocas ígneas extrusivas, cubren una superficie de 23.7%, sus principales unidades litológicas se localizan al oeste y este del territorio Distrital.

I.5 Topografía

En general, el relieve de la región en donde se ubica el Aeropuerto de La Ciudad de México corresponde a un terreno plano.

I.6 Hidrografía

La Región Hidrológica denominada Pánuco, es la que ocupa la mayor parte del territorio del Distrito Federal (94.9%), incluye sólo la Cuenca R. Moctezuma, y abarca toda el área de la Ciudad de México. En esta cuenca se localizan ríos tales como Los Remedios, Tacubaya, Mixcoac, Churubusco, Consulado, etc., estando los tres últimos entubados, así como los canales Chalco, Apatlaco y Cuemanco, entre otros; además, se encuentra el lago Xochimilco y los lagos artificiales de San Juan de Aragón y Chapultepec; cabe señalar que todas las corrientes y cuerpos de agua mencionados están inmersos en la mancha urbana. Por otra parte, porciones de la Región Hidrológica del Balsas, se presentan al sur y suroeste del Distrito Federal, que incluye sólo la Cuenca R. Balsas-Mezcala, aquí se encuentran los ríos Agua de Lobo y El Zorrillo. La Región Hidrológica Lerma-Santiago, se presenta únicamente en dos pequeñas zonas al oeste del Distrito Federal, las cuales pertenecen a la Cuenca R. Lerma-Toluca, estando ausentes corrientes y cuerpos de agua importantes.

I.7 Fisiografía

El Distrito Federal está enclavado en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, con la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac; su territorio está distribuido sobre nueve sistemas de topoformas:



- a) **Sierra volcánica con estrato volcanes** que abarca casi el 42.0% en la parte sur de la entidad; así como en el centro y oriente de la delegación Iztapalapa;
- b) **Sierra volcánica de laderas escarpadas**, al occidente, en las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, La Magdalena Contreras y sur, de la delegación Álvaro Obregón;
- c) **Sierra escudo volcán, al extremo norte**
- d) **Lomerío** con una mínima representación (menos del 1.0%) al norte;
- e) **Lomerío con cañadas**, que abarca la delegación Miguel Hidalgo y norte de las delegaciones Cuajimalpa de Morelos y Álvaro Obregón;
- f) **Meseta basáltica malpaís**, al centro y sureste, básicamente en parte de las delegaciones Tlalpan, Xochimilco, Coyoacán y en forma mínima en Milpa Alta;
- g) **Llanura aluvial**, franja que se extiende de noroeste a este, también en las partes norte y este;
- h) **Llanura lacustre**, extensión de más del 20.0% del Distrito Federal, ubicada en la parte nor-oriental;
- i) **Llanura lacustre salina**, principalmente sobre el límite al noreste colindando, con el estado de México.

I.8 Sismicidad

De acuerdo con la carta sísmica publicada por Jesús Figueroa A. sobre la sismicidad de la República Mexicana, La Ciudad de México se encuentra dentro de la zona sísmica (sismos frecuentes).

I.9 Operación actual

En el Aeropuerto principalmente se presentan las siguientes operaciones de aviación comercial y de carga:



Aviación comerciales y de carga		
Aeronave	No. de Operaciones anuales	Peso en toneladas
B-757-200	24,090	109
A-320-200	22,995	73
DC-9-32	15,695	49
B-737-200	12,775	52
MD-81	12,775	64
B-747-400	4,380	395
B-727-200	11,680	78



CAPITULO II

ESTUDIOS PREVIOS



II.- ESTUDIOS PREVIOS.

II.1.- Estudios Topográficos.

II.1.1.-Generalidades

El estudio topográfico se llevó a cabo en las áreas para el desarrollo de los proyectos. Se incluye el levantamiento planimétrico y de altimetría que presentan los límites de las diferentes áreas y en general todas las instalaciones y elementos que se encuentren en la zona estudiada. Los estudios para el proyecto geométrico comprenden las siguientes actividades.



Brigada de Topografía efectuando levantamiento de estructuras existentes.



Levantamiento de la Planimetría de la Terminal 2



Personal de la brigada de topografía.



Terminal 2, brigada de topografía efectuando levantamiento.



Levantamiento topográfico en el Rodaje Eco.



Brigada de topografía en áreas operacionales de la Terminal 2.

II.1.2.-Planta topográfica

Planta topográfica, con curvas de nivel a cada 20 cm. con medidas y distancias confirmadas adicionales fuera del área de levantamiento y necesarias para el desarrollo de los proyectos ejecutivos.

Los planos se presentan por separado.

II.1.3.-Secciones transversales

Las secciones transversales a ejes, a cada 5.0 m y en los puntos singulares, tales como el inicio o fin del elemento estudiado y/o cambios de pavimentos, se anexa plano de seccion transversal.

El estudio topográfico se complementará con las memorias respectivas, libretas de campo y hojas de cálculo.



II.2.- ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES

Se realizó un estudio de los bancos de materiales existentes en la zona con la finalidad de tener un inventario aceptable para cubrir las necesidades de los materiales requeridos en la propuesta de rehabilitación y/o reconstrucción del pavimento en las áreas operacionales de la Terminal 2 y rodajes; se investigaron diferentes bancos de materiales para la construcción de las terracerías y la capa subrasante; así mismo, para la estructura de la subbase, base y para la carpeta de concreto asfáltico; de los cuales, la mayoría se encuentra actualmente en explotación.

II.2.1.-Trabajos de campo

Para cada banco se tomaron muestras representativas de sus actuales frentes abiertos a los que se les realizaron análisis en el laboratorio, en la siguiente tabla se presentan los datos definiendo su ubicación, los tipos de materiales aprovechables, su volumen disponible, los tratamientos requeridos, distancias de acarreo y régimen de propiedad.

BANCO	1	2	3	4
NOMBRE DEL BANCO	"LA ESTANCIA"	"EL POLI"	"PROMAPE"	"TRIBASA" "ALTIPAC"
LOCALIZACION	Antiguo camino a las minas en Ermita Iztapalapa	Antiguo camino a las minas en Ermita Iztapalapa	Av. Ermita Iztapalapa D.D. 5 km Camino antiguo a Tlaltengo, Del. Tlahuac	Carretera Federal México-Puebla Km 27.5
MATERIAL QUE PRODUCE	Tezontle (negro) de 3" Arena de Tezontle de 3/8" a finos Arena de Tezontle de No. 4 a finos	Tezontle (Rojo) de 3" Arena de Tezontle de 3/8" a finos Arena de Tezontle de No. 4 a finos	Arena de Tezontle de 3/8" a finos Arena de Tezontle de No. 4 a finos Grava-Arena de 1 1/2" a finos	Grava de 3/4" y arena Grava de 1 1/2"
TRATAMIENTO	Cribado	Cribado	Cribada	Trituración total
VOLUMEN DISPONIBLE	100,000 m3 min.	100,000 m3 min.	100,000 m3 min.	100,000 m3 min.
UTILIZACION	Capa Subrasante Capa rompedora de capilaridad Plantilla	Capa Subrasante Capa rompedora de capilaridad Plantilla	Arena para base hidráulica Base Hidráulica Subbase Plantilla	Carpeta asfáltica Base Hidráulica
DISTANCIA DEL ACARREO(AL CENTRO DE GRAVEDAD)	17 km	16 Km	18 km	25 km
RÉGIMEN DE PROPIEDAD	Privada	Privada	Privada	Privada



Banco de materiales "La Estancia".



Banco de materiales "El Poli".



Banco de materiales "PROMAPE".

II.2.2.-Ensayes de laboratorio

Se clasificaron las muestras tomadas de los bancos para terracerías y capa subrasante, de acuerdo con la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), además se presentan los resultados de las siguientes pruebas realizados a los materiales de los bancos límites de consistencia líquido y plástico (LL y LP), su composición granulométrica, valor relativo de soporte (CBR o VRS).

A las muestras de materiales para subbase y base, se les realizaron las siguientes pruebas de laboratorio clasificación SUCS, características de plasticidad definidas mediante los límites de consistencia líquido y plástico (LL y LP) , equivalente de arena, peso volumétrico seco máximo, en prueba AASHTO modificada y su valor relativo de soporte (CBR o VRS) estándar.

En el caso de los materiales de banco para construir las carpetas de concreto asfáltico, se les realizaron las siguientes pruebas de laboratorio clasificación SUCS, densidad y absorción, desgaste de "Los Ángeles", forma de las partículas y afinidad con producto asfáltico. La mezcla fue diseñada por el método Marshall.



Los bancos de material estudiados son:

Nombre del banco	"La Estancia"	"El Poli"	"Promape"	"Tribasa (Atlipac)"
Localización	Antiguo camino a las minas en Ermita Iztapalapa	Antiguo camino a las minas en Ermita Iztapalapa	Av. Ermita Iztapalapa D.D. 5km Camino antiguo a Taltengo, Del. Tlahuac	Carretera Federal México – Puebla Km. 27.5
Material para uso en	Subrasante, capa rompedora de capilaridad, Plantilla	Capa subrasante, Capa rompedora de capilaridad, Plantilla	Arena para base hidráulica, Base hidráulica, Subbase y Plantilla	Carpeta asfáltica y Base hidráulica



CAPITULO III

PROYECTO EJECUTIVO



III. PROYECTO EJECUTIVO

III.1.-PROYECTO GEOMETRICO DE ALINEAMIENTO VERTICAL Y DE DRENAJE

III.1.1.- Proyecto Geométrico

Con base en el levantamiento topográfico, así como el estudio geotécnico del área proporcionado por el Organismo y el estudio de los bancos de materiales, se realizó la planeación de los trabajos de reconstrucción y trabajos inducidos; los trabajos realizados son los siguientes:

Cálculo de la nueva rasante de acuerdo a la propuesta del pavimento, con secciones transversales de construcción en cada estación con las elevaciones de la rasante actual y la de proyecto, así como las áreas de carpeta, cortes y pendientes transversales.

Proyecto de transiciones para la construcción con definición de las pendientes y cotas de la rasante de proyecto de la superficie de rodamiento definitiva.

Los planos del proyecto geométrico y de detalles se presentan por separado, tomando en cuenta que la Plataforma Comercial de la Terminal 2 estará compuesta por losas de concreto hidráulico y en algunas zonas presentará superficie de rodamiento de pavimento flexible; los rodajes presentan una superficie de rodamiento de concreto asfáltico. La planta presenta detalles geométricos (dimensiones, cadenamiento, ángulos y demás características geométricas); así mismo, los planos para secciones de construcción y los de perfil.

III.1.2.- Proyecto del Sistema de Drenaje

Debido a las dimensiones y distribución geométrica de los elementos terrestres para la operación de los aviones, se requiere de un sistema adecuado para desalojar las aguas pluviales e impedir el acceso de aguas ajenas a los elementos en proyecto, por lo que se estudiará un sistema de drenaje para tal propósito.

Se tomaron como base los estudios a las condiciones hidrológicas, la topografía del terreno y la distribución de las instalaciones con su geometría, con base en los estudios anteriores, se determinarán las características de los medios de drenaje superficial.



Las funciones del sistema de drenaje son las siguientes intercepción, desviación y evacuación de las corrientes de pluviales que se forman en los terrenos dentro y adyacentes al aeropuerto de acuerdo con la topografía del terreno.

En función de los gastos calculados, se diseñaron las obras para los elementos en el proyecto.



Trinchera para drenaje pluvial ubicada en las cercanías del la Terminal 2.



Trinchera con tapas de concreto hidráulico en mal estado.

III.2.-EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

III.2.1.-Desplazamientos verticales

El conocimiento de los parámetros que rigen el comportamiento esfuerzo-deformación de los materiales constitutivos (caracterización) es de suma importancia para la evaluación estructural de los pavimentos. Un indicador de la capacidad estructural de un pavimento y su consecuente comportamiento es la respuesta (en forma de desplazamiento vertical) a la aplicación de una carga. Al respecto y con la finalidad de conocer la variación de los desplazamientos verticales ante la aplicación de cargas conocidas, se realizaron pruebas no destructivas con el medidor de deformaciones por impacto HWD (*Heavy Weight Deflectometer*) modelo 8081, de la marca Dynatest.



Panorámica donde se muestra parte de la plataforma y el equipo HWD



Deformómetro de impacto en operación



Detalle del plato de carga del equipo HWD

III.2.1.1.-Medición de desplazamientos verticales

El equipo de impacto HWD, permite la simulación del efecto producido por el despegue y aterrizaje de las aeronaves al dejar caer libremente unas pesas sobre una placa y transmitir así una carga específica al pavimento. Durante el impacto se registran los desplazamientos verticales y sus tiempos de ocurrencia mediante 7 geófonos (sensores), con espaciamiento usual de 30, 45, 60, 90, 120 y 180 cm, a partir del sensor localizado bajo la carga. La carga aplicada en este tipo de pavimentos debe ser superior a 15 t, con una placa de 45 cm de diámetro. La carga por impacto utilizada produce un desplazamiento vertical similar al correspondiente a una rueda de un avión comercial.

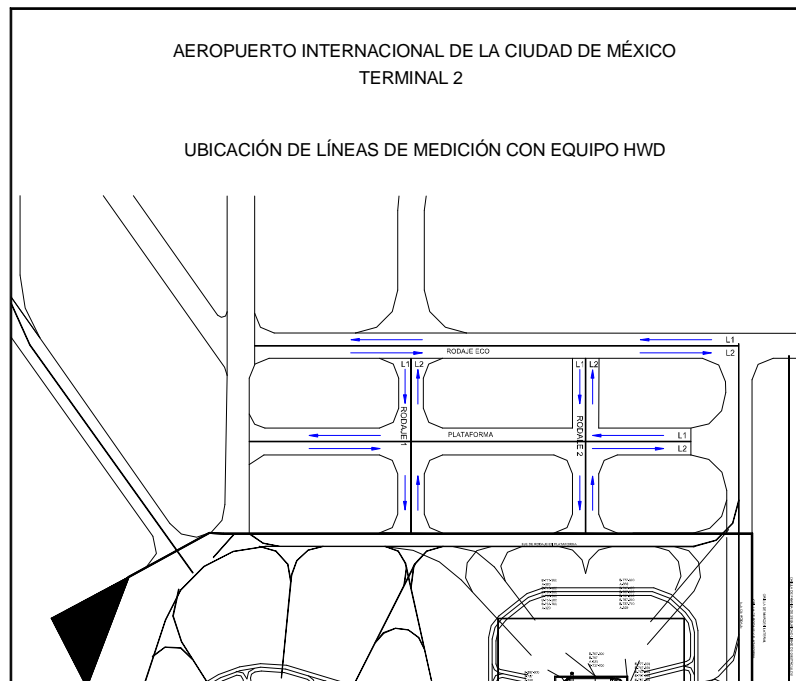
El equipo almacena en una computadora los valores del desplazamiento vertical registrado en cada uno de los sensores. Esta información posteriormente es procesada mediante programas especiales de cómputo (ELMOD 5.0), para conocer los valores de desplazamientos de las áreas operacionales y los módulos elásticos de las diferentes capas que forman el pavimento.



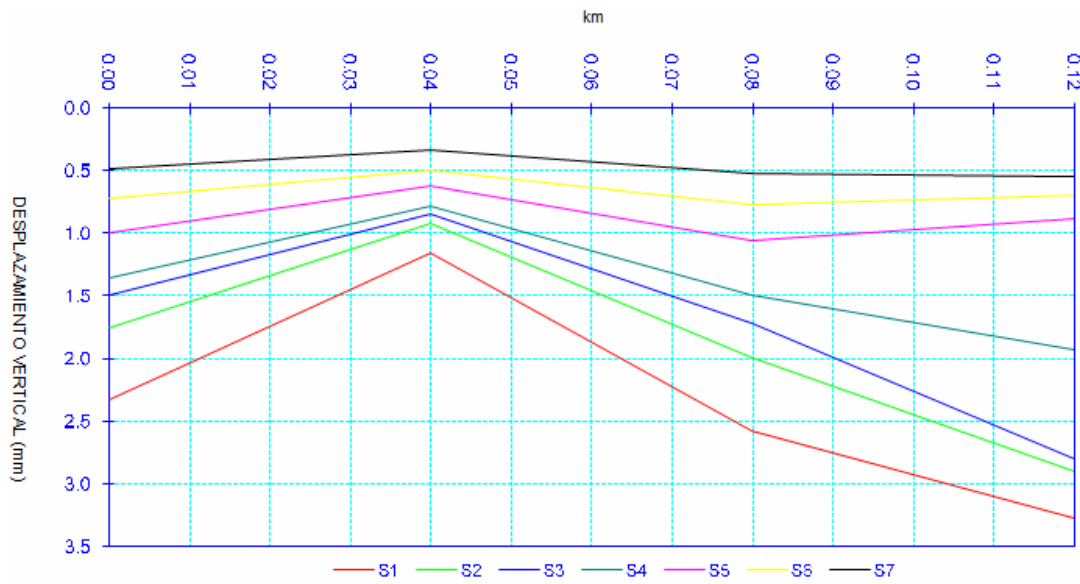
Para la evaluación estructural del pavimento de las calles 1 y 2, rodaje Eco y plataforma se efectuaron mediciones de desplazamientos verticales mediante la aplicación de una carga por impacto mayor a 15 t, en 2 líneas paralelas al eje del rodaje,

X

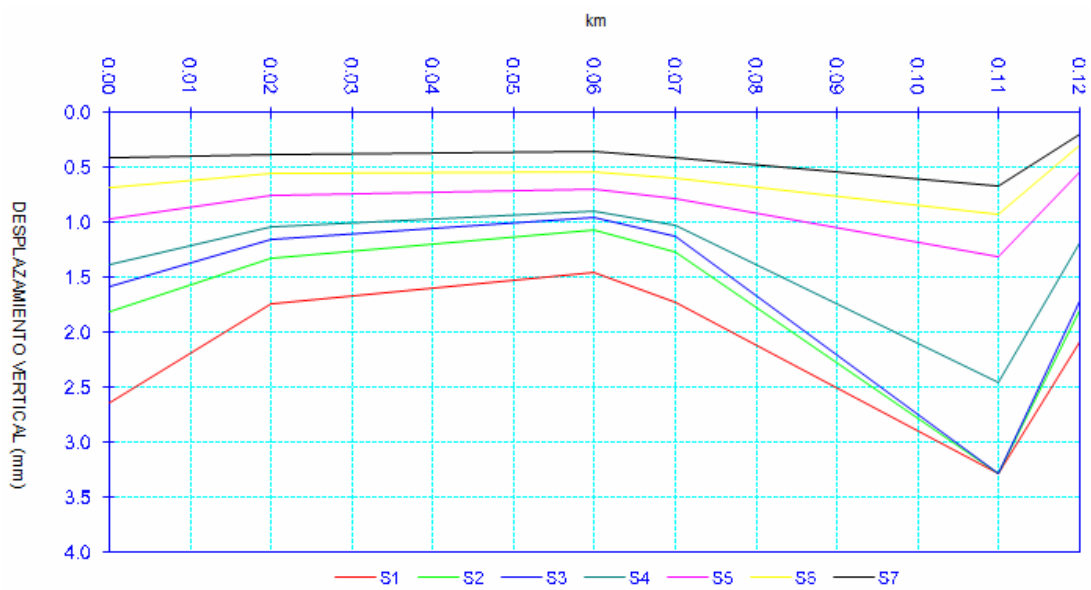
las pruebas se ejecutaron separadas a cada 20 m en “tresbolillo”, para las plataforma dichas mediciones se realizaron en 2 líneas para cada una de las posiciones de las aeronaves.



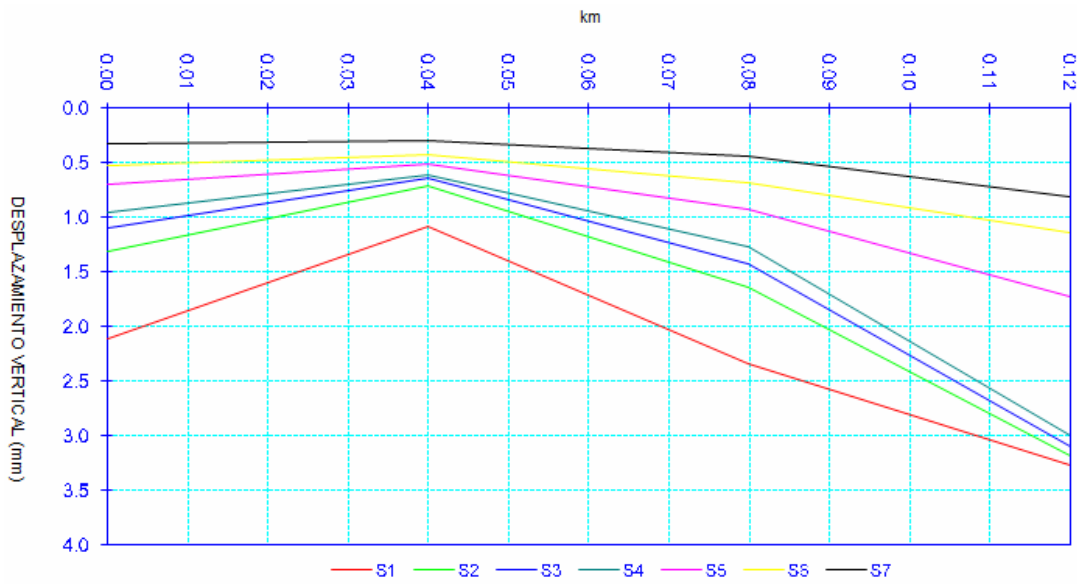
Los resultados de la medición de desplazamientos verticales (a cada 20 m), se presentan gráficas del cadenamiento (eje horizontal) contra el desplazamiento vertical registrado en cada sensor (eje vertical). Cada una de las gráficas tiene el registro de los 7 sensores (S1, S2, S3, S4, S5, S6 y S7). Es importante mencionar que en cada gráfica aparece el valor promedio de la carga aplicada.



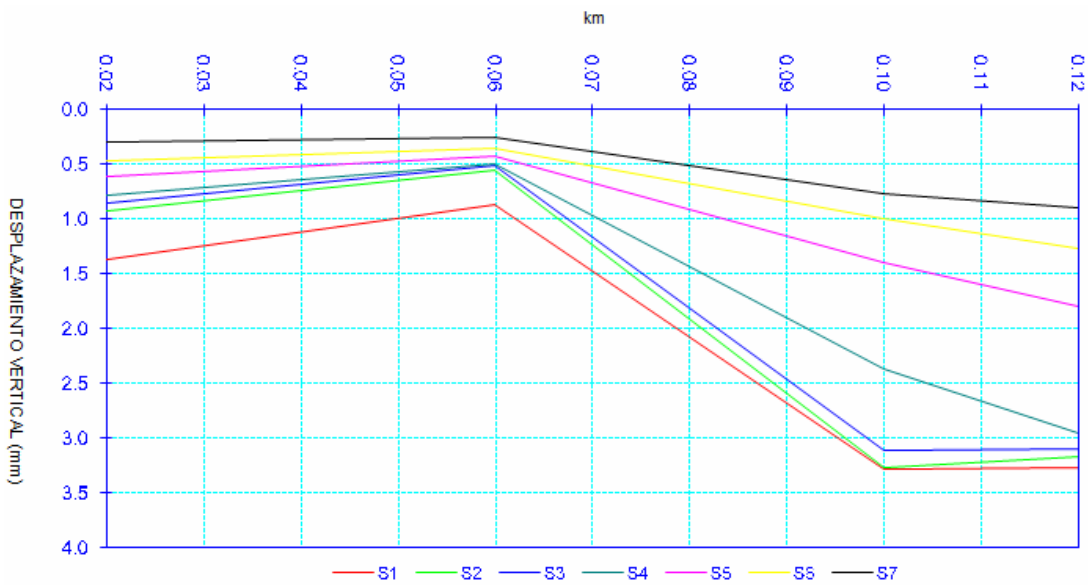
PROMEDIO DE CARGA 16,084 kg.



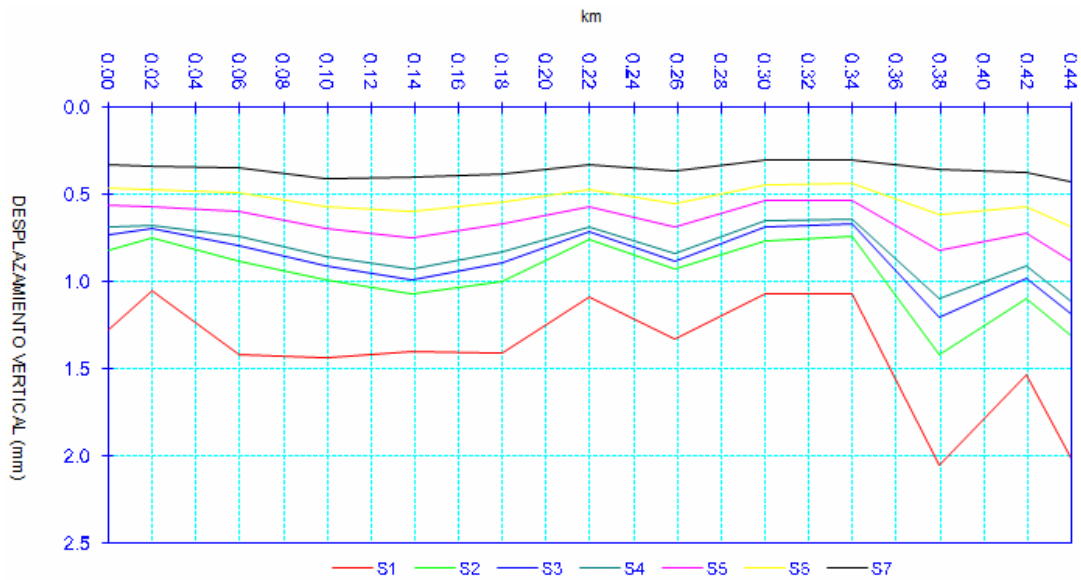
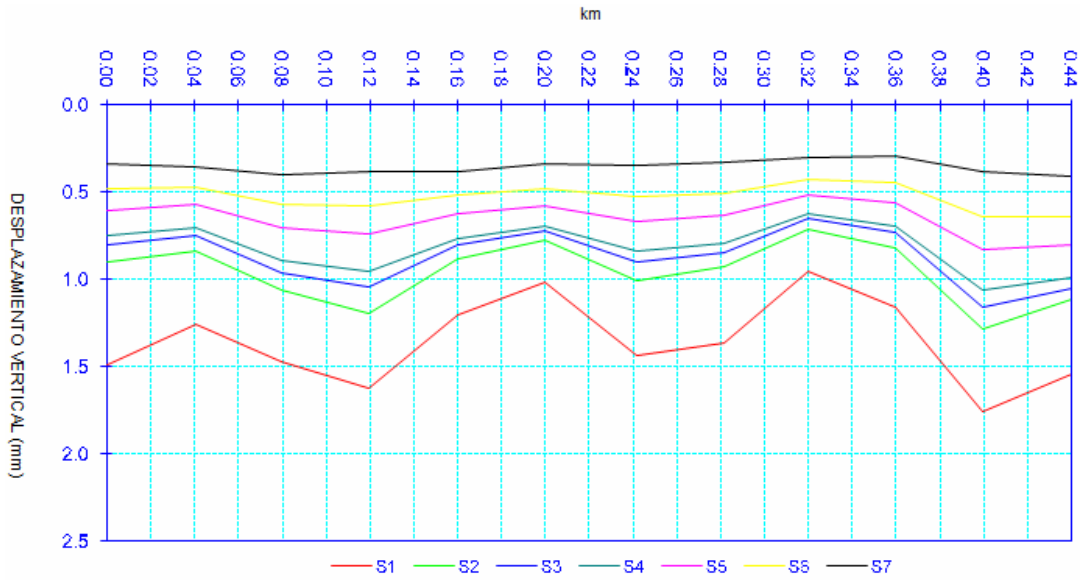
PROMEDIO DE CARGA 16,035 kg.

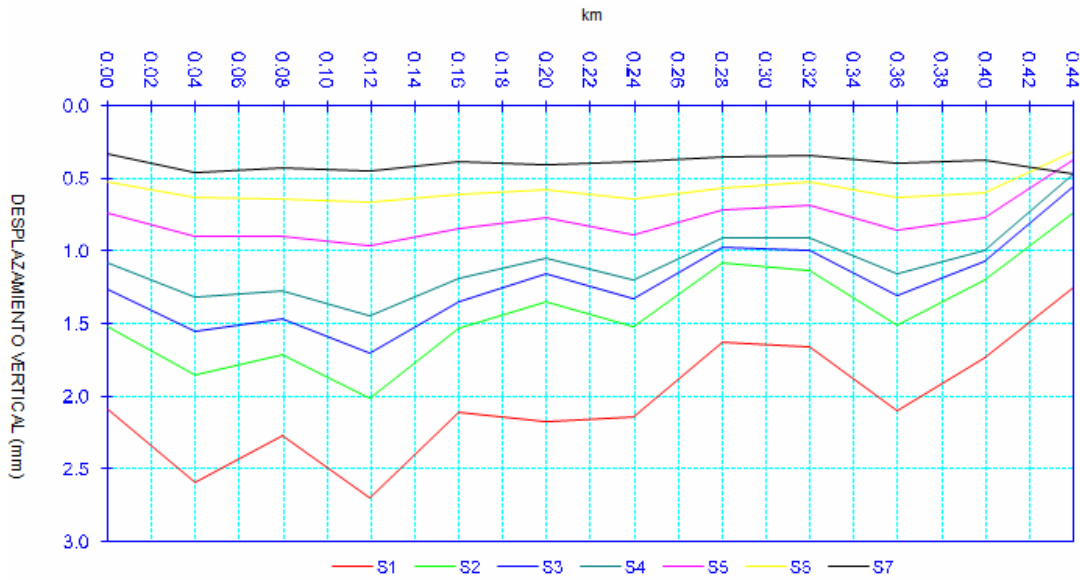


PROMEDIO DE CARGA 16,198 kg.

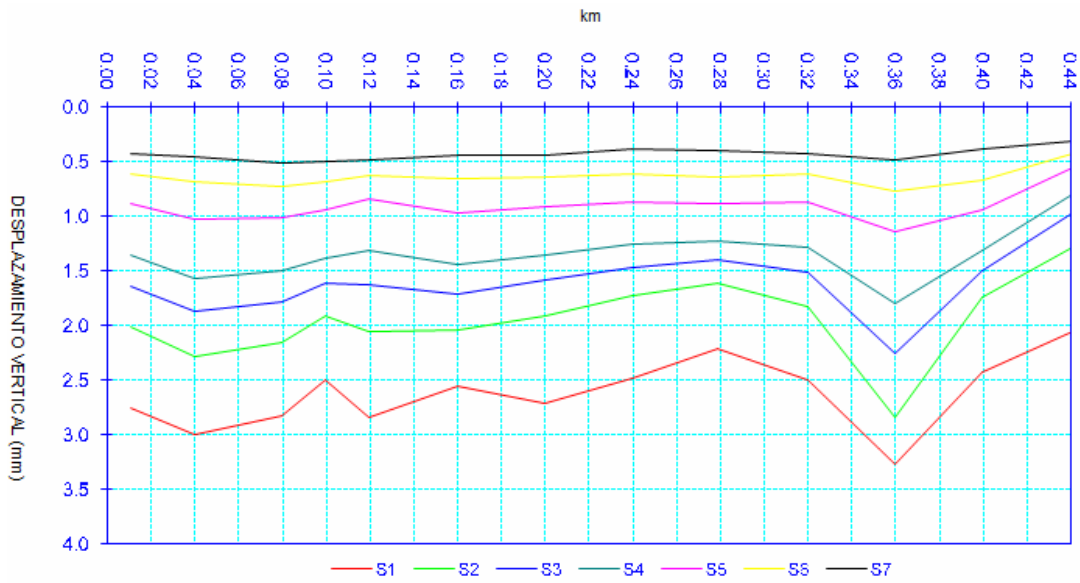


PROMEDIO DE CARGA 16,343 kg.





PROMEDIO DE CARGA 17,254 kg.



PROMEDIO DE CARGA 16,402 kg.



Se puede considerar un desplazamiento aceptable debajo de 1 mm.

Del análisis de las gráficas se obtienen las siguientes observaciones:

El promedio de los desplazamientos verticales en el sensor 1 de las mediciones efectuadas en la plataforma, incluyendo las cargas promedio se presentan en la siguiente tabla:

PLATAFORMA

Posición	Línea Derecha		Línea Izquierda	
	S1 (mm)	Carga promedio (kg)	S1 (mm)	Carga promedio (kg)
1	2.03	17,254	2.62	16,402

III.2.1.2.-Módulos elásticos de las capas

Con ayuda del programa de computadora ELMOD, versión 5.0, se realizó el cálculo de los módulos elásticos de las capas del pavimento, a partir de los desplazamientos verticales medidos y las cargas aplicadas con el equipo HWD, así como de la estructura del pavimento identificada en los sondeos efectuados por EIOCSA (espesor y tipo de material de cada capa detectada).

El procedimiento para calcular los módulos elásticos de las capas del pavimento es el siguiente:

- Con la carga aplicada por el equipo HWD, los espesores de las capas del pavimento y los módulos elásticos propuestos inicialmente, el programa ELMOD calcula los desplazamientos debajo de los sensores. Estos desplazamientos calculados se comparan con los medidos por el HWD.
- Si los desplazamientos verticales calculados son muy diferentes a los medidos, entonces el programa ELMOD propone otros valores de módulos elásticos de las capas del pavimento. Con esto se calculan nuevamente los desplazamientos verticales.



- c) El proceso se repite en el programa ELMOD hasta que los valores de los desplazamientos verticales calculados y medidos sean aproximadamente iguales. En este momento se termina el cálculo iterativo para los valores de los módulos elásticos de las capas del pavimento para la condición "in situ".

PLATAFORMA

Posición	Línea Derecha			Línea Izquierda		
	Carpeta Asfáltica (kg/cm ²)	Base Hidráulica (kg/cm ²)	Capas Inferiores (kg/cm ²)	Carpeta Asfáltica (kg/cm ²)	Base Hidráulica (kg/cm ²)	Capas Inferiores (kg/cm ²)
Posición 1	15,818	2,198	694	18,716	2,719	1,508

Para fines de comparación, los módulos elásticos que se obtienen comúnmente en México son los siguientes:

Capa	Módulo Elástico (kg/cm ²)
Concreto hidráulico	175,000 a 490,000
Carpeta asfáltica	20,000 a 50,000
Base	3,000 a 5,000
Subbase	2,000 a 4,000
Subrasante e inferiores	300 a 1,500

III.2.2.-Exploración y muestreo

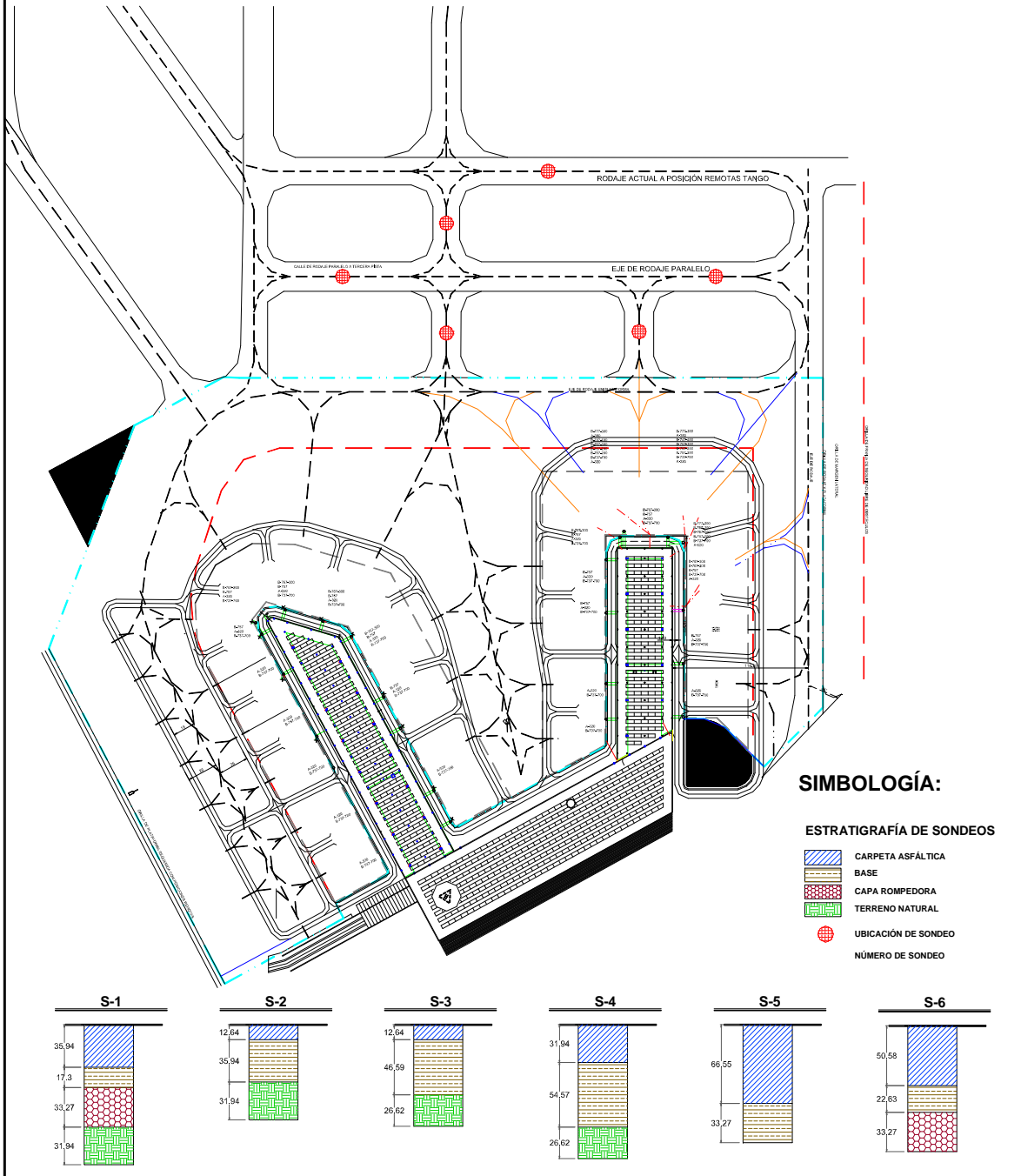
En las áreas de estudio se efectuaron 6 sondeos, en los rodajes 1, 2 y eco y plataforma:

Sondeo No.	Ubicación	Espesores de capa (cm)		
		Carpeta	Base	Subbase
1	Rodaje paralelo	27.0	13.0	25.0
2	Rodaje 1	9.5	27.0	-
3	Rodaje 2	9.5	35.0	-
4	Rodaje paralelo	24.0	41.0	-
5	Rodaje 2	50.0	30.0	-
6	Rodaje Eco	38.0	17.0	-



AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO
 TERMINAL 2

UBICACIÓN DE SONDEOS





III.2.2.1.- Pruebas de laboratorio

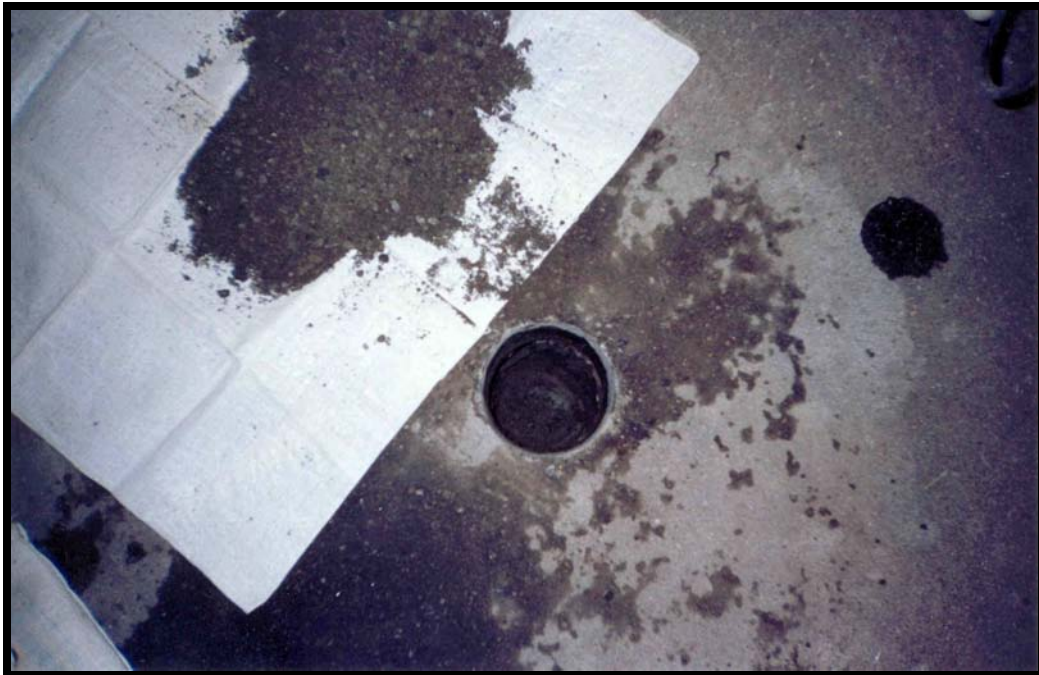
Durante la etapa de exploración se obtuvieron muestras de los materiales de las capas que forman el pavimento. A las muestras extraídas se les efectuaron las siguientes pruebas de laboratorio: análisis granulométrico, valor relativo de soporte (VRS), equivalente de arena, peso volumétrico suelto, peso volumétrico máximo, humedad óptima, límites de Atterberg y contracción lineal.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados obtenidos para plataformas.

PLATAFORMA

Elemento	Línea	Capa	w	LL	IP	CL	G	A	F	EA	VRS
Línea 1	Izquierda	Base hidráulica	15	22.0	-	0	47	21	10	50.8	111.3
		Subbase	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Línea 2	Derecha	Base hidráulica	15.9	22.1	-	0.3	73	27	12	46.9	113.5
		Subbase	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nomenclatura		
w	:	Humedad en el lugar (%)
LL	:	Límite Líquido (%)
IP	:	Índice Plástico (%)
CL	:	Contracción Lineal (%)
G	:	Gravas
A	:	Arenas
F	:	Finos
EA	:	Equivalente de Arena
VRS (EST)	:	Valor Relativo de Soporte Estándar (%)



Obsérvese el material extraído del sondeo # 1



Personal de laboratorio realizando el sondeo # 2



Vista del material de base del sondeo # 3



Nótese el espesor de carpeta del sondeo # 4



Se observa material de carpeta y base del sondeo # 5



Nótese el material de subbase del sondeo # 6



III.2.3.-Análisis de la estructura del pavimento actual.

III.2.3.1.-Generalidades.

En 1978, la FAA de Estados Unidos adoptó el método del Índice de resistencia de California (CBR) para el cálculo de pavimentos flexibles, la hipótesis de carga sobre los bordes para el cálculo de los pavimentos rígidos y el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Esta sección presenta una descripción detallada de los procedimientos y criterios vigentes, que la FAA de los Estados Unidos ha considerado necesario seguir al proyectar los pavimentos y al llevar a cabo una evaluación de la resistencia de los mismos.

III.2.3.2.-Objetivo.

El conocimiento de la condición de las áreas operacionales de la Terminal 2 y rodajes del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), marcará la pauta para recomendar los trabajos necesarios de rehabilitación, con el fin de tener un mejor control en las instalaciones del aeropuerto.

Se realizó la revisión de la estructura del pavimento para las diferentes áreas operacionales de la Terminal 2, con el fin de producir un diseño satisfactorio, por lo que, se debe cumplir con las consideraciones de cálculo relacionadas tanto con la aeronave como con el pavimento.

Se requiere un control esmerado en la construcción y cierto grado de mantenimiento, para producir un pavimento que llegue a la vida útil normal prevista. Los pavimentos se calculan para proporcionar una vida útil finita y se prevén las fallas por fatiga.

El pavimento de un aeropuerto y las aeronaves que en él operan representan un sistema interrelacionado que puede reconocerse en el proceso de cálculo del pavimento.

Una construcción mal ejecutada y la ausencia de mantenimiento preventivo, tendrán como consecuencia que aún el pavimento mejor calculado presente un comportamiento deficiente.

III.2.3.3.- Consideraciones para el diseño del pavimento

Para la revisión del diseño de los pavimentos, se requiere:



- 1 VRS del terreno de fundación (Terreno natural)
- 2 VRS del terreno de cimentación (Subrasante)
- 3 Espesores de cada una de las capas
- 4 Número de operaciones al año del avión de diseño
- 5 Peso máximo de la aeronave de diseño
- 6 Módulo de reacción de la subrasante (k)
- 7 Módulo de ruptura a la flexión por tensión del concreto (M_R)

III.2.3.4.-Pavimentos de concreto asfáltico

Las curvas de cálculo de pavimento flexible se basan en el Valor Relativo de Soporte (VRS o CBR). El método de cálculo del VRS es prácticamente empírico; con todo, el método ha sido objeto de numerosas investigaciones y se han preparado correlaciones fiables. Las configuraciones de los trenes se relacionan utilizando conceptos teóricos e igualmente datos preparados empíricamente. Las curvas de cálculo proporcionan el espesor total del pavimento requerido (superficie, firme y capa de cimentación) necesarios para soportar un peso dado de la aeronave sobre un terreno de fundación dado. Las curvas muestran así mismo los espesores de superficie requeridos.

En la tabla siguiente se presentan los espesores obtenidos de los sondeos realizados en diferentes áreas de la Terminal 2.

Sondeo	Ubicación	Carpeta (cm)	Base (cm)	Subbase (cm)	Esp. Total (cm)
1	Rod. Paralelo	27.0	13.0	25.0	65.0
2	Rodaje 1	9.5	27.0	Indefinido	36.5
3	Rodaje 2	9.5	35.0	Indefinido	44.5
4	Rod. Paralelo	24.0	41.0	Indefinido	65.0
5	Rodaje 2	50.0	30.0	Indefinido	80.0
6	Rodaje Eco	38.0	17.0	Indefinido	55.0

III.2.3.5.-Análisis del pavimento para las aeronaves A380 y B777

Debido al crecimiento en las operaciones que se han tenido en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y a las nuevas aeronaves que se espera operen en el mismo, se deben hacer ajustes respecto a la estructura del pavimento en las zonas que se consideran críticas por la repetición de cargas a las que se encontrarán expuestas mucha



de las áreas operacionales y por tanto, se debe realizar un diseño tomando en cuenta las solicitudes que se esperan, para que el Aeropuerto continúe funcionando y siga a la vanguardia con los avances tanto tecnológico como estructural en lo que a operación se refiere.

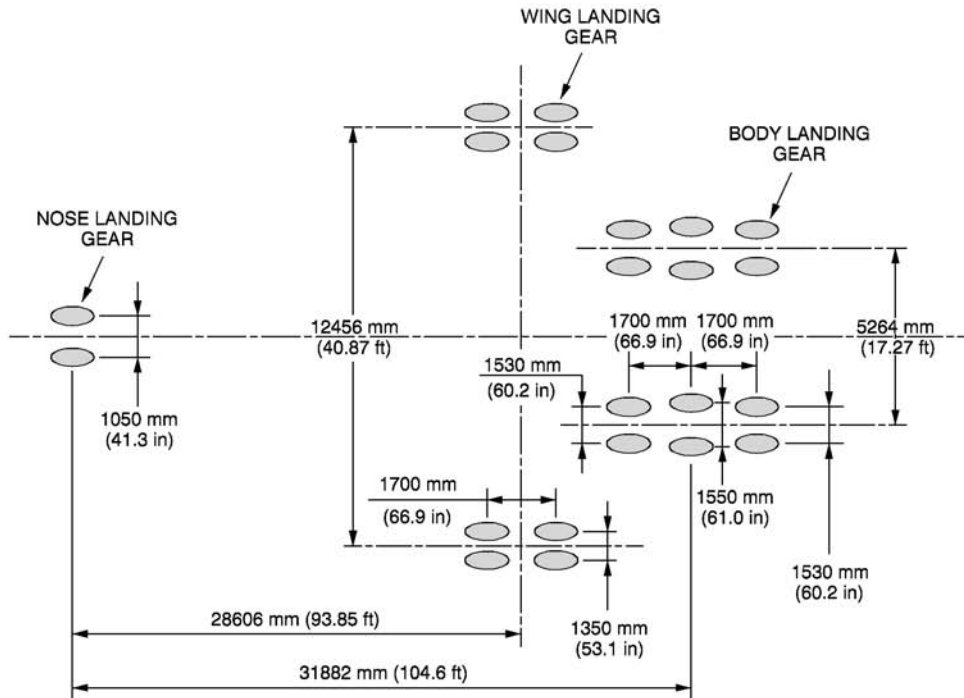
III.2.3.6.-Análisis del pavimento para la aeronave Airbus 380

Diseñado en una estrecha colaboración con las aerolíneas, aeropuertos y autoridades aeronáuticas, el A380 Superjumbo es la más avanzada, espaciosa y eficiente aeronave jamás realizada.

La aeronave A380, cuenta con tres trenes de aterrizaje, el de nariz que es un tren de ruedas gemelas, el de las alas el cual es un tren de ruedas en tandem y el del cuerpo de la aeronave el cual es un tren modificado de 6 ruedas.

Para el modelo A380-800

Peso máximo al despegue	562,000 kg (1'2395,000 lb)
Porcentaje de peso en el tren principal	Ver la tabla que se presenta a continuación
Tamaño de neumático en el tren de nariz	1270 x 455R22 32PR
Presión de neumáticos en el tren de nariz	14.1 bar (205 psi)
Tamaño del neumático en el tren de las alas	1400 x 530R23 40PR
Presión de neumáticos en el tren de las alas	15 bar (218 psi)
Tamaño de los neumáticos en el tren del cuerpo	1400 x 530R23 40PR
Presión de los neumáticos del tren del cuerpo	15 bar (218 psi)

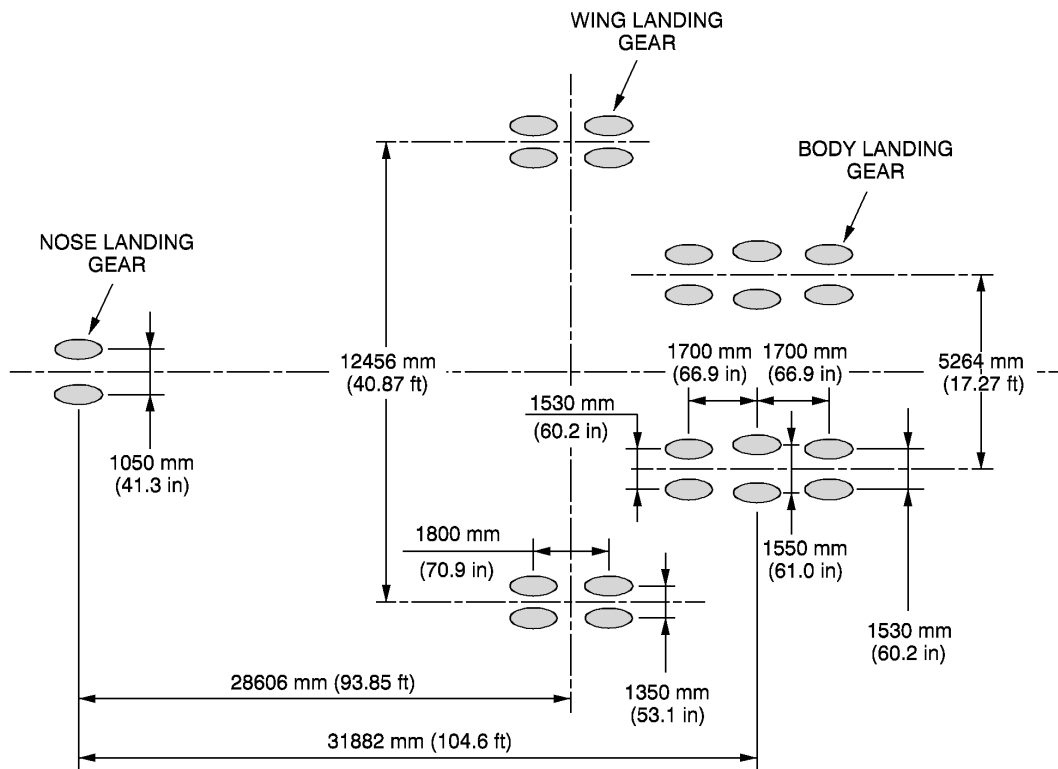


L_AC_070200_0_AAM0_01_04

Localización del tren de aterrizaje en el modelo A380-800

Para el modelo A380-800F

Peso máximo al despegue	592,000 kg (1'305,125 lb)
Porcentaje de peso en el tren principal	Ver la tabla que se presenta a continuación
Tamaño de neumático en el tren de nariz	50 x 20R22 34 PR
Presión de neumáticos en el tren de nariz	14.7 bar (213 psi)
Tamaño del neumático en el tren de las alas	1400 x 530R23 43PR
Presión de neumáticos en el tren de las alas	15 bar (218 psi)
Tamaño de los neumáticos en el tren del cuerpo	1400 x 530R23 42PR
Presión de los neumáticos del tren del cuerpo	15 bar (218 psi)



L_AC_070200_0_ACM0_01_05

Localización del tren de aterrizaje en el modelo A380-800F

De los datos mostrados anteriormente, se observa que el modelo crítico es el A380-800F, con un peso total al despegue de 592,000 kg.

Una vez definida la aeronave crítica se procedió a realizar el diseño de acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante; los cuales requieren de los siguientes datos peso máximo posible en uno de los trenes de aterrizaje del cuerpo de la aeronave, número de salidas anuales, VRS de la subrasante o terreno de cimentación.

Los resultados del análisis del pavimento para esta aeronave se presentan en la siguiente tabla:



Capa	Espesor obtenido	
Carpeta asfáltica	5 in	13 cm
Base (Firme)	9 in	23 cm
Subbase	18 in	46 cm-
Subrasante (cimentación)	-	-
Espesor Total	32 in	82 cm

Una vez que se obtiene el espesor mínimo de la estructura del pavimento requerido para la aeronave A380-800F, se debe hacer la comparación con los espesores que actualmente se tienen en las áreas operacionales analizadas.

III.2.3.7.-Análisis del pavimento para la aeronave B777

La familia Boeing 777 consta de 4 aeronaves con diferentes características, a continuación se presenta una breve descripción de cada una de ellas y sus respectivos parámetros para diseño.

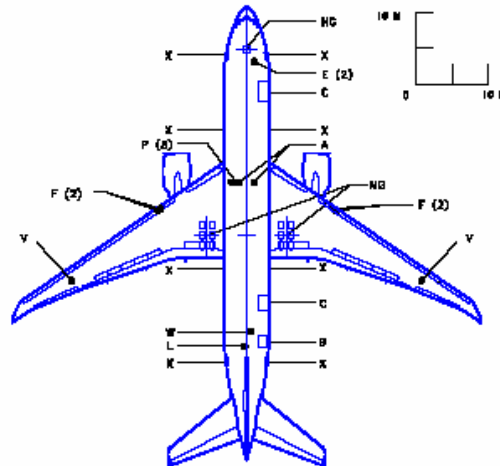
III.2.3.8.-Informes preliminares de las Aeronaves B777

B777-200LR

Características	Unidades	777-200LR
Peso máximo de diseño para taxeo	Libras	768,800
	kilogramos	348,721
Peso máximo de diseño para despegue	Libras	766,800
	Kilogramos	347,814
Peso máximo de diseño para aterrizaje	Libras	492,000
	Kilogramos	223,167



PRELIMINARY INFORMATION



- LEGEND
- A AIR CONDITIONING
 - B BULK CARGO DOOR
 - C CONTAINER CARGO DOOR
 - E ELECTRICAL (2)
 - F FUEL (2 CONNECTORS)
 - L LAVATORY
 - NG MAIN GEAR
 - NG NOSE GEAR
 - P PNEUMATIC PORT (3)
 - V FUEL VENT
 - W POTABLE WATER
 - X PASSENGER DOOR

NOTE: ADJUST SCALE WHEN PRINTING THIS PAGE

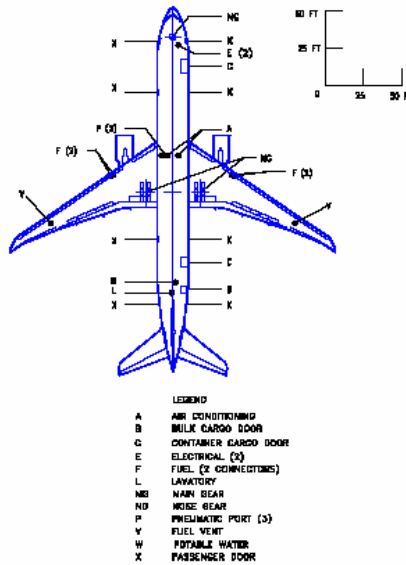
9.4.1 SCALED DRAWING - 1:500
 MODEL 777-300LR

D6-98329-2

NOVEMBER 2002 135

B777-300ER

Características	Unidades	777-300ER	777-300ER
Peso máximo de diseño para taxeo	Libras kilogramos	762,700 345,954	777,000 352,441
Peso máximo de diseño para despegue	Libras Kilogramos	760,700 345,047	775,000 351,533
Peso máximo de diseño para aterrizaje	Libras Kilogramos	554,000 251,290	554,000 251,290



NOTE: ADJUST SCALE WHEN PRINTING THIS PAGE

9.7.1 SCALED DRAWING - 1 IN. = 50 FT
 MODEL 777-300ER

D6-58329-2

De los datos mostrados anteriormente, se observa que el modelo crítico es el B777-350ER, con un peso máximo de despegue de 777,000 lb (352,441 kg); por tanto se considera como la aeronave de diseño para las áreas operacionales mencionadas.

Una vez que se define la aeronave crítica se procedió a realizar el diseño de acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante; los cuales requieren de los siguientes datos peso máximo posible en uno de los trenes de aterrizaje del cuerpo de la aeronave, número de salidas anuales, VRS de la subrasante o terreno de cimentación.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del análisis del pavimento para esta aeronave:

Capa	Espesor obtenido	
Carpeta asfáltica	5 in	13 cm
Base (Firme)	14 in	36 cm
Subbase	28 in	71 cm-
Subrasante (cimentación)	-	-
Espesor Total	47 in	120 cm



Una vez que se obtiene el espesor mínimo de la estructura del pavimento requerido para la aeronave B777-300ER, se debe hacer la comparación con los espesores que actualmente se tienen en las áreas operacionales que se analizan.

III.2.3.9.-Conclusiones del cálculo para las aeronaves A380 y B777

Del análisis realizado anteriormente para las dos aeronaves el A380 y el B777, se puede observar que el espesor crítico de diseño, de acuerdo con el espesor del pavimento obtenido, es el que aporta la aeronave B777 con un espesor total de la estructura del pavimento de 120 cm en contra de 82 cm de estructura que resulta del análisis realizado al A380.

Ninguna de las estructuras de los rodajes tanto en el rodaje paralelo como en los rodajes 1 y 2 cumple con el espesor mínimo para la aeronave de diseño.

III.2.3.10.-Recomendaciones para las aeronaves A380 y B777

De acuerdo con los alcances del análisis mediante el método de la FAA, las estructuras actuales son insuficientes para soportar las cargas ejercidas por las aeronaves que se espera operen en el pavimento; además, de acuerdo con los resultados del análisis geotécnico proporcionado por el Organismo, se debe tomar en cuenta la influencia de las cargas sobre el terreno natural por lo que se es conveniente el llevar a cabo una reconstrucción del pavimento para estas áreas operacionales.

Aunque resulta conveniente el utilizar los espesores obtenidos para la aeronave B777, ya que estos son mayores y por tanto más confiables; sin embargo las tablas que se utilizaron presentan una nota en la cual se indica que dichas tablas no han sido aprobadas por la FAA.

III.2.4.-Notificación del Número de Clasificación de Pavimento (PCN)

Los principios básicos del método ACN/PCN se pueden explicar usando la siguiente cita del manual: “El método usa una derivación matemática de la carga de una rueda para definir la interacción entre el tren de aterrizaje y el pavimento. Esto se realiza por medio de una ecuación, el espesor dado como resultado del modelo matemático de un tren de aterrizaje para la carga de una sola rueda con una presión en el neumático de 125 Mpa (180 psi)”.



Para el análisis de pavimentos de los aeropuertos, se utilizó el método ACN/PCN basado en los métodos de la ICAO (Organización de Aviación Civil Internacional). Los resultados consisten en valores de PCN para cada estructura de pavimento analizada.

Se procedió a determinar dicho número de clasificación en las diferentes áreas operacionales de la Terminal 2; cabe hacer mención que para realizar el análisis del PCN en la plataforma Comercial, se tuvieron que analizar las dos estructuras del pavimento tanto la de concreto asfáltico como la de concreto hidráulico.

PCN					
Tipo de pavimento	Asfáltico (Flexible)	F	Tipo de pavimento	Concreto hidráulico (Rígido)	R
Valor relativo de soporte (%)	Alta (VRS > 13)	A	Módulo de Reacción k (pci)	Baja (k >400)	A
Presión de los neumáticos (psi)	Alta (>217)	W	Presión de los neumáticos (psi)	Alta (>217)	W
Método de evaluación	Técnico	T	Método de evaluación	Técnico	T

En base en los resultados de las pruebas efectuadas en campo a los materiales de banco y tomando en cuenta el espesor de las diferentes capas y de la estructura del pavimento, se obtuvieron los valores de PCN, que se presentan abajo en forma de tabla, para cada una de las estructuras del pavimento (Concreto Hidráulico y Concreto Asfáltico) analizadas con el método tradicional.

Pavimento para concreto asfáltico	PCN = 135 F/A/W/T
Pavimento de concreto hidráulico	PCN = 140 R/A/W/T

III.2.4.1.-Aeronave de proyecto

Debido a que en la Terminal 2 del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, las operaciones serán tanto comerciales como de carga, se propuso como aeronave de proyecto la más pesada que se espera opere; por lo que, las aeronaves de proyecto consideradas son el B777-300ER con un peso máximo de 777,000 lb (352,441 kg) y el A380-800F con un peso máximo de 1'305,125 lb (592,000 kg) y el Número de Clasificación de la Aeronave (ACN) es.



B777-300ER

ACN para pavimentos flexibles					ACN para pavimentos rígidos			
Categoría de acuerdo al terreno de cimentación					Categoría de acuerdo al Módulo de Reacción k			
Clasificación	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Peso Máx	63	71	89	120	66	85	109	131

A380-800F

ACN para pavimentos flexibles					ACN para pavimentos rígidos			
Categoría de acuerdo al terreno de cimentación					Categoría de acuerdo al Módulo de Reacción k			
Clasificación	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Peso Máx	65	72	85	115	57	71	94	117

III.2.4.2.-Conclusiones del método ACN/PCN

Del análisis de resultados tanto al pavimento de concreto asfáltico como a la propuesta para el pavimento hidráulico, se obtiene que el PCN en ambos casos es mayor al ACN de las aeronaves críticas; por lo que se considera que la estructura del pavimento propuesta es suficiente para soportar las cargas impuestas por las aeronaves críticas.

III.3.-PROBLEMAS ESPECIALES

De acuerdo con la estratigrafía del Valle de México, la zona donde se encuentra ubicado el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, pertenece con base en la descripción geológica y las grandes masas observadas superficialmente a la denominada "Zona Lacustre".

En la Zona Lacustre del área urbana que ocupa la Ciudad de México y en particular la zona donde se encuentra ubicado el AICM, de acuerdo con estudios realizados a la zona, después de la capa vegetal cuya profundidad varía de 0.10 a 0.20 m de espesor, seguido de un relleno formado por grabas empacadas en limo arenoso de aproximadamente 0.30 m de espesor; debajo se localiza una capa arcillosa de hasta 35.0 m de profundidad, abajo de ésta, se localizó la primera capa dura constituida por limo arenosos de consistencia dura.



De acuerdo con los resultados de los estudios realizados anteriormente a la zona del aeropuerto en base a los lineamientos del Reglamento de Construcción del D. F., y del análisis de capacidad de carga aportado por el Organismo (de un estudio anterior), se obtuvo que la capacidad de carga es de 6.7 ton/m^2 .

De acuerdo con el Plan de Desarrollo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México; se espera un crecimiento en las operaciones y debido a la nueva tendencia en lo que a Aeronaves Comerciales se refiere y que se espera operen en el mismo, lo que aporta un significativo aumento en las cargas debido al aumento de los pesos y distribución de las mismas de acuerdo con el acomodo del Tren de Aterrizaje.

Por lo descrito anteriormente, se deben hacer ajustes respecto a la estructura del pavimento primeramente en las zonas que se consideran críticas por la sollicitación de cargas a las que se encontrarán expuestas muchas de las áreas operacionales y por tanto, se debe realizar un diseño tomando en cuenta las repeticiones de carga que se esperan, para que el Aeropuerto continúe funcionando y siga a la vanguardia con los avances tanto tecnológico como estructural en lo que a operación se refiere.

III.4.- PROYECTO EJECUTIVO PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO

III.4.1.- Generalidades

En general el pavimento se encuentra en condiciones que varían de regular a malo de acuerdo con los desplazamientos y los módulos elásticos del pavimento. Por tal motivo resulta prioritario el aumentar la resistencia del pavimento a las cargas impuestas por las aeronaves.

III.4.2.- Alternativas para la reconstrucción del pavimento de concreto asfáltico e hidráulico

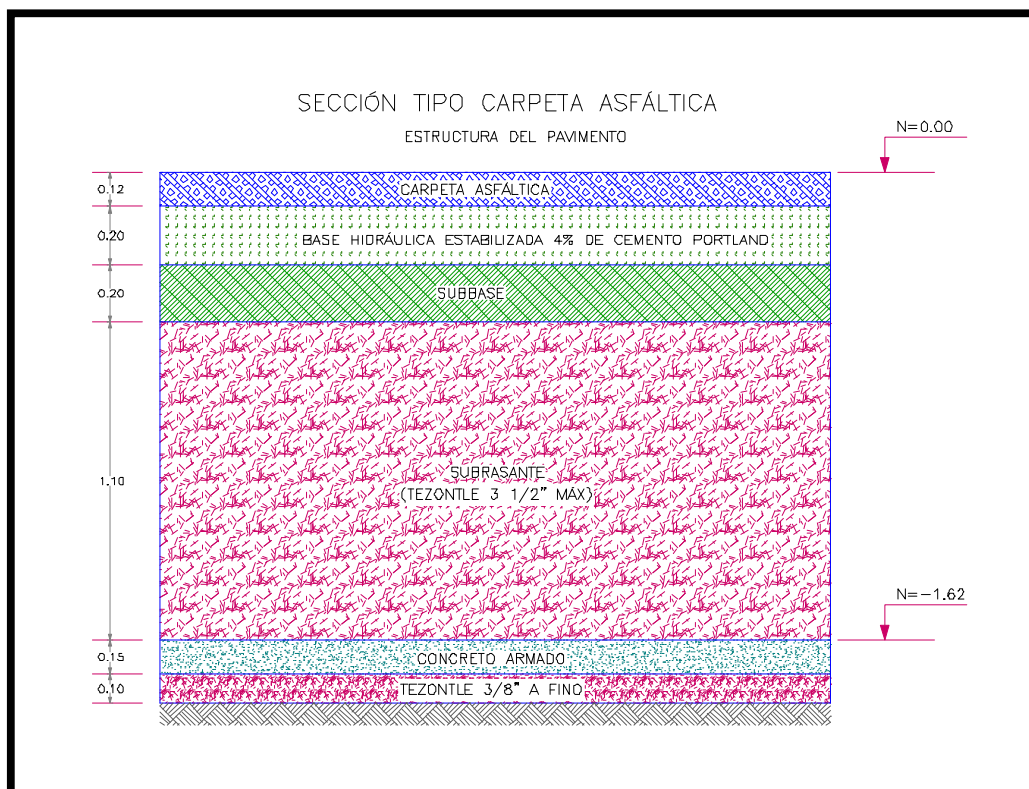
Alternativa 1: Cimentación compensada

Como resultado del análisis realizado al pavimento y en base al peso esperado de las aeronaves que van a operar en la Terminal 2, se propone un pavimento con cimentación compensada, para evitar que se tengan fallas por asentamiento debido a la mala calidad del material de terreno natural y debido a que la estructura de los pavimentos existentes resulta insuficiente para las sollicitaciones de carga que se espera actúen en el pavimento, por lo que se propone lo siguiente:



Corte y retiro de la estructura actual hasta una profundidad de 1.87 m; una vez realizada la operación se procederá a un relleno con material de banco (tezontle de 3/8" a fino) en un espesor de 0.10 m para formar una plantilla, encima se construirá una losa de concreto hidráulico de 0.15 m de espesor doblemente armada para que actúe como capa de transición y evite los asentamientos proporcionando una mejor distribución de las cargas; una vez que se haya terminado la construcción de la losa, se colocará una capa granular de tezontle de 3" en un espesor de 1.10 m como capa rompedora de capilaridad; una vez que la capa logre su máxima compactación (acomodo), se deberá colocar una capa con material procedente de banco con calidad de subbase en un espesor de 0.20 m; encima de ésta, se realizará la construcción de una base estabilizada con el 4% en peso con cemento Portland de 0.20 m de espesor y finalmente una carpeta de concreto asfáltico de 0.12 m de espesor como superficie de rodamiento.

Para el caso de los pavimentos de concreto hidráulico, la propuesta es semejante y queda de la siguiente manera:

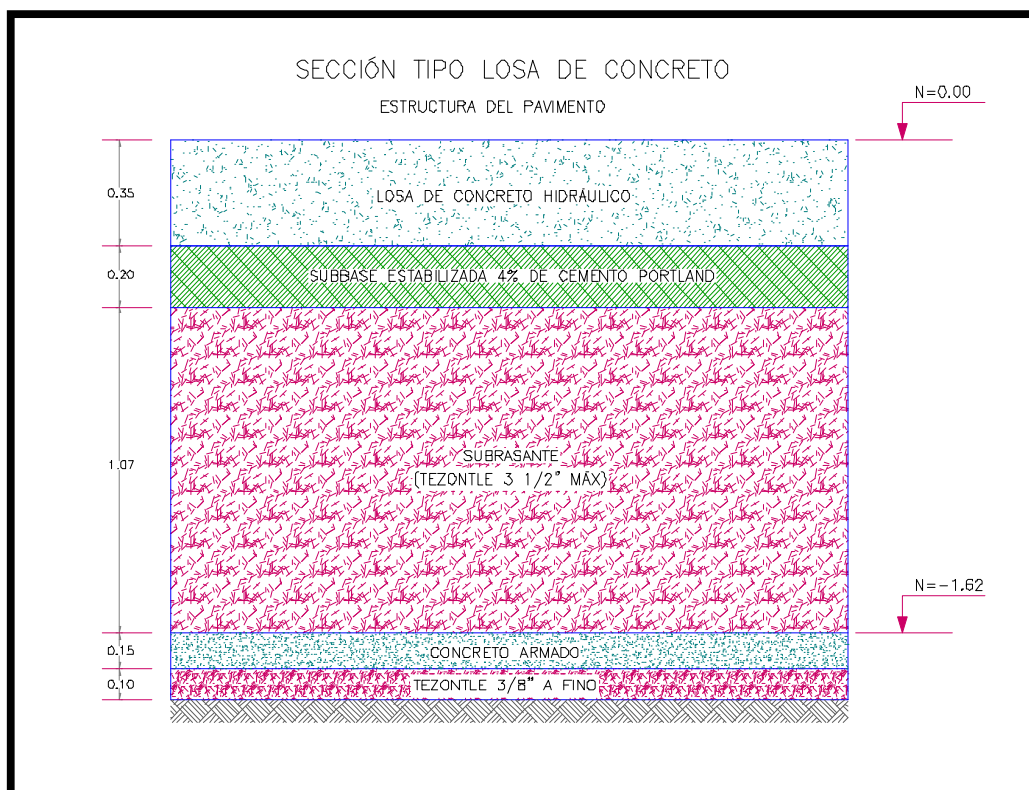


PROPUESTA DE RECONSTRUCCIÓN MEDIANTE CIMENTACIÓN COMPENSADA DEL PAVIMENTO PARA LA TERMINAL No. 2; SECCIÓN TIPO PARA EL PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO



Para el caso de los pavimentos de concreto hidráulico, la propuesta es semejante y queda de la siguiente manera:

Corte y retiro de la estructura actual hasta una profundidad de 1.87 m; una vez realizada la operación se procederá a un relleno con material de banco (tezontle de 3/8" a fino) en un espesor de 0.10 m para conformar una plantilla, encima se construirá una losa de concreto hidráulico de 0.15 m de espesor doblemente armada para que actúe como capa de transición y evite los asentamientos proporcionando una mejor distribución de las cargas; una vez que se haya terminado la construcción de la losa, se colocará una capa granular de tezontle de 3" en un espesor de 1.07 m como capa rompedora de capilaridad; una vez que la capa logre su máxima compacidad (acomodo), se deberá colocar una capa de subbase estabilizada con el 4% en peso con cemento Portland de 0.20 m de espesor y finalmente una losa de concreto hidráulico simple de 0.35 m de espesor como superficie de rodamiento.



PROPUESTA DE RECONSTRUCCIÓN MEDIANTE CIMENTACIÓN COMPENSADA DEL PAVIMENTO PARA LA TERMINAL No. 2; SECCIÓN TIPO PARA EL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO



Alternativa 2: Reconstrucción parcial del pavimento

De acuerdo con el análisis de la FAA (Administración Federal de Aviación), se obtuvo un espesor mínimo de la estructura del pavimento de 1.20 m; sin embargo, ninguna de las áreas analizadas de la Terminal 2 cumple con los espesores; debido a los datos anteriores, se debe elevar la estructura del pavimento hasta un mínimo de 1.20 m por lo que se colocará una sobrecarpeta de concreto asfáltico de espesor variable hasta alcanzar el espesor del pavimento; sin embargo, debido a los resultados de los módulos elásticos en los cuales se observa que la capa de rodamiento no cumple con los módulos elásticos propuestos; por lo que se deberá eliminar la capa de rodamiento actual y llevar a cabo la construcción de una capa nueva de concreto asfáltico; de acuerdo con lo anterior la propuesta para la alternativa 2 queda de la siguiente manera:

Corte y retiro de la carpeta asfáltica existente en espesores variables sin llegar a cortar o remover la capa de base hidráulica, una vez terminada la operación, se llevará a cabo la construcción de una carpeta de concreto asfáltico de espesor variable de acuerdo con los espesores del pavimento; el tendido se llevará a cabo en capas no mayores a 0.07 m y la compactación será como mínimo al 95% de acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba Marshall.

Para las zonas de concreto hidráulico de acuerdo con el análisis de la FAA (Administración Federal de Aviación) se requiere un espesor de losa de concreto hidráulico de 0.35 m de espesor; por lo que sobre la estructura existente se propone realizar una nivelación con concreto asfáltico de 0.05 m de espesor con el fin de proporcionar las pendientes de proyecto y aportar una superficie homogénea para la colocación de la losa de concreto hidráulico, la cual será colocada encima de la sobrecarpeta de concreto asfáltico.

III.4.3.-Resultados del análisis de las alternativas

Debido a la situación que presenta la zona donde se encuentra ubicado el aeropuerto internacional de la ciudad de México y a la problemática existente en las áreas operacionales actuales en las cuales se presentan asentamientos diferenciales que en algunos puntos llegan a ser de hasta 2.0 m, se considera que la Alternativa que resulta ser la más viable tanto por las solicitaciones de carga como por los costos de operación y mantenimiento, resulta ser la **Alternativa 1** denominada "**Cimentación compensada**" ya que permite una mejor distribución de los esfuerzos evitando que lleguen a la capa de terreno natural; evitando los asentamientos y reduciendo los costos de mantenimiento de las áreas operacionales.



La alternativa 2 denominada reconstrucción parcial del pavimento, presenta una problemática distinta ya que solo mejora el espesor del pavimento actual y la superficie de rodamiento, además eleva la rasante provocando desniveles entre los espesores de la zona que presenta una superficie de rodamiento de concreto asfáltico y la de concreto hidráulico, lo que esta solución, representa cambiar o modificar las estructuras actuales y el señalamiento; otra observación, es que permite que las cargas lleguen a la capa de terreno natural y debido a que se pronostica que las cargas de las aeronaves que operan en el aeropuerto aumenten, la estructura del pavimento puede ser insuficiente para realizar la distribución de las cargas provocando que lleguen a la capa de terreno natural causando asentamientos diferenciales; lo que aumentaría los costos de conservación del pavimento disminuyendo considerablemente la vida útil del mismo.

III.5.- PROYECTO DE ILUMINACIÓN.

Las consideraciones más importantes en el diseño de un sistema de iluminación de Plataforma de Operaciones es el nivel de iluminación, mínimo requerido, la uniformidad de la iluminación y la reducción a un mínimo de brillo de la fuente de la luz.

Para el diseño de alumbrado en plataforma se tomaron en cuenta los factores anteriores, con el objeto de dar una mayor visibilidad a los operadores de la torre de control, pilotos, pasajeros y al Personal de Servicio en Tierra.

A continuación se presenta un resumen de las consideraciones efectuadas para el proyecto de señalamiento luminoso de la plataforma para la Terminal 2.

El proyecto incluye:

- a) Señalamiento luminoso en borde de plataforma.
- b) Detalles constructivos de la nueva ubicación para el señalamiento luminoso de borde de plataforma.
- c) El proyecto de Instalaciones electromecánicas se tomarán en cuenta para este, las luces de borde de la pista serán con unidades I-862 de 100 watts.
- d) Iluminación de la plataforma de acuerdo a las normas y especificaciones de ASA e ICAO.



Los planos referentes al proyecto de iluminación (IE01, IEO2, IEO3) se presentan por separado.

III.6.- PROYECTO DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

III.6.1.- Introducción

A continuación se describen algunas de las consideraciones que son tomadas en cuenta para la realización del señalamiento horizontal en la plataforma.

Se debe hacer mención que las descripciones que se presentan a continuación son solo algunas de las recomendaciones aportadas por las Normas y Métodos Recomendados Internacionales de la OACI.

III.6.2.- Señales de puesto de estacionamiento de aeronaves

Las señales de puesto de estacionamiento de aeronaves deberán incluir elementos tales como identificación del puesto, línea de entrada, barra de viraje, línea de viraje, barra de alineamiento, línea de parada y línea de salida, según lo requiera la configuración de estacionamiento y para complementar a otras ayudas de estacionamiento.

Deberá emplazarse una identificación de puesto de estacionamiento de aeronaves (letra y/o número) después del comienzo de la línea de entrada y a corta distancia de ésta. La altura de la identificación debería ser adecuada para que fuera legible desde el puesto de pilotaje de la aeronave que utilice el puesto de estacionamiento.

Cuando en un puesto de estacionamiento de aeronaves haya dos juegos de señales coincidentes a fin de permitir un uso más flexible de la plataforma, y resulte difícil identificar cuál es la señal de puesto de estacionamiento que ha de seguirse o cuando la seguridad se viera entorpecida en el caso de seguirse la señal equivocada, debería añadirse a la identificación del puesto de estacionamiento la identificación de las aeronaves a las que se destina cada juego de señales.

Las líneas de entrada, de viraje y de salida deberían normalmente ser continuas en el sentido longitudinal y tener una anchura no menor de 15 cm. En los casos en que uno o más juegos de señales de puesto de estacionamiento estén superpuestos en una señal de puesto de estacionamiento, las previstas para las aeronaves con mayores exigencias deberán ser continuas y las destinadas a las otras aeronaves deben ser discontinuas.



Las partes curvas de las líneas de entrada, de viraje y de salida deberán tener radios apropiados para el tipo de aeronave con mayores exigencias de todas las aeronaves para las cuales estén destinadas las señales.

Se debe emplazarse una barra de alineamiento de modo que coincida con la proyección del eje de la aeronave en la posición de estacionamiento especificada y sea visible para el piloto durante la parte final de la maniobra de estacionamiento. Esta barra debería tener una anchura inferior a 15 cm.

El plano correspondiente al “Proyecto de Señalamiento Horizontal” (PSHP-01) se presenta por separado.



CAPITULO IV

CATALOGO DE CONCEPTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		CATALOGO DE CONCEPTOS		HOJA 1 de 3		
		OBRA PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MÉXICO		Aeropuerto: AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO		
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION		PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN \$		
N°	ESP.	CONCEPTOS	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON LETRA	CON NÚMERO
PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS						
I. TRAZO Y NIVELACIÓN						
I.1	E.P.1	Ubicación en campo de los ejes de proyecto y de las secciones de construcción, incluye trazo, nivelación, mano de obra, equipo, PUOT	1.00	Levantamiento		
II. DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES						
II.1	E.P.2	Demolición de losas existentes en hangares incluye: acarrees, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	330.00	m3		
II.2	E.P.3	Demolición de cimentación existentes en hangares incluye: acarrees, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	330.00	m3		
II.3	E.P.4	Demolición de carpeta existente en plataformas incluye: acarrees, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT y todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	11,300.00	m3		
II.4	E.P.5	Demolición de concreto hidráulico de losas y pavimentos, banquetas, topes, guarniciones, según proyecto. Incluye: acarrees, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT.	30.00	m3		
II.5	E.P.6	Demolición de registros, brocales y pozos de visita incluye: acarrees, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	30.00	pza		
II.6	E.P.7	Demolición de tuberías de drenaje incluye: acarrees, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	1,200.00	m		
II.7	E.P.8	Excavación o Corte a cualquier profundidad, incluye subbase y base, con acarrees, equipo, mano de obra, tiro libre, y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	475,000.00	m3		
Monto de esta Hoja: \$					<input type="text"/>	
Parcial Acumulado: \$					<input type="text"/>	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		CATALOGO DE CONCEPTOS		HOJA 2 de 3		
		OBRA PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO		Aeropuerto: AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO		
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION		PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN \$		
Nº	ESP.	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON NÚMERO	IMPORTE EN \$
III PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS						
PAVIMENTOS						
III.1	E.P. 9	Formación de la plantilla de arena de 10 cm espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	22,000.00	m3		
III.2	E.P. 10	Aceró de refuerzo para losas inferior de concreto hidráulico incluye: incluye acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas y todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	5,200.00	ton		
III.3	E.P. 11	Formación de la losa de concreto armado con producto de material 3/4" de 15cm espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	33,000.00	m3		
III.4	E.P. 12	Formación de la capa de subrasante con producto del material de 3 1/2" a ma 1.10 m de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	320,000.00	m3		
III.5	E.P. 13	Formación de la capa de subbase con producto del material de 38mm de 20 cm de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	42,500.00	m3		
III.6	E.P. 14	Formación de la capa de base estabilizada con 4 % de cemento Portland con producto del material de 38 mm de 20 cm de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	42,500.00	m3		
III.7	E.P. 15	Cemento portland para estabilización incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, P.U.O.T.	3,400.00	ton		
III.8	E.P. 16	Riego de impregnación a razón de 1.5 l/m2, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECM-60) incluye barrido de la superficie, adquisición del material, almacenamiento, calentamiento y aplicación de la emulsión, P.U.O.T.	316,000.00	l		
III.9	E.P. 17	Riego de liga a razón de 0.8 l/m2, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECR-60) incluye barrido de la superficie, adquisición del material, almacenamiento, calentamiento y aplicación de la emulsión, P.U.O.T.	336,000.00	l		
					Monto de esta Hoja: \$ Parcial Acumulado: \$	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		CATALOGO DE CONCEPTOS		HOJA 3 de 3			
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION		OBRA PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCION DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO		Aeropuerto: AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO			
N°	ESP.	O B R A		UNIDAD	PRECIO UNITARIO CON LETRA	CON NÚMERO	IMPORTE EN \$
		CONCEPTOS	CANTIDAD DE OBRA				
PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS							
III.	10	E.P.	18	Carpeta de concreto asfáltico, espesor según proyecto, con material pétreo de tamaño máximo de 19 mm, compactada al 95 % de su peso volumétrico máximo Marshall. Incluye tendido, compactación, P.U.O.T.(0.12)	26,000.00	m ³	
III.	11	E.P.	19	Cemento asfáltico AC-20 para utilizarse en la elaboración de mezcla asfáltica Incluye adquisición, acarreo y aplicación, PUOT	3,900,000.00	kg	
IV OBRAS DE DRENAJE							
IV.	1	E.P.	20	Canales de concreto hidráulico para captación de aguas pluviales, según proyecto correspondiente. Incluye todo lo necesario para su ejecución, PUOT	1,130.00	m	
Construcción del canal captadora de aguas pluviales Tipo 1							
Construcción del canal captadora de aguas pluviales Tipo 2							
IV.	2	E.P.	21	Rejilla living electrosoldada de tipo IS-06 Tipo 1, de 3/8" x 3 1/2" P.U.O.T.	1,100.00	m ²	
IV.	3	E.P.	22	Tubo de polietileno de alta densidad de 76 cm (30") por P.U.O.T.	625.00	m	
IV.	4	E.P.	23	Tubo de polietileno de alta densidad de 91 cm (36") por P.U.O.T.	600.00	m	
IV.	5	E.P.	24	Tubo de polietileno de alta densidad de 106 cm (24") por P.U.O.T.	50.00	m	
IV.	6	E.P.	25	Construcción de registros pluviales de 0.75 por 0.90 m, para canales incluye: mano de obra, acarreo, concreto, varillay todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	14.00	pza	
IV.	7	E.P.	26	Construcción de registros especiales, incluye mano de obra, acarreo, equipx materiales, P.U.O.T	20.00	m ²	
V SEÑALAMIENTO HORIZONTAL							
V.	1	E.P.	27	Señalamiento horizontal con pintura reflejante, P.U.O.T.	4,000.00	m ²	
Pintura amarilla							
Pintura roja							
Pintura negra							
Monto de esta Hoja: \$ Parcial Acumulado: \$							



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		PRESUPUESTO DE OBRA		HOJA 1 de 3	
		OBRA PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO		Aeropuerto: AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO	
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL BASE		PRECIO UNITARIO		IMPORTE EN \$	
N°	ESP.	DESCRIPCION	UNIDAD	CON NUMERO	IMPORTE EN \$
		CANTIDAD DE OBRA	CON LETRA		
PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS					
I. TRAZO Y NIVELACIÓN					
I.1	E.P.1	Ubicación en campo de los ejes de proyecto y de las secciones de construcción, incluye trazo, nivelación, mano de obra, equipo, PUOT	Levantamiento	Cincuenta y siete mil pesos 00/100 M.N.	57,000.00
II. DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES					
II.1	E.P.2	Demolición de losas existentes en hangares incluye: acarreo, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	m³	Ciento ochenta pesos 00/100 M.N.	59,400.00
II.2	E.P.3	Demolición de cimentación existentes en hangares incluye: acarreo, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	m³	Ciento ochenta pesos 00/100 M.N.	59,400.00
II.3	E.P.4	Demolición de carpeta existente en plataformas incluye: acarreo, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT y todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	m³	Ciento treinta pesos 00/100 M.N.	1,469,000.00
II.4	E.P.5	Demolición de concreto hidráulico de losas y pavimentos, banquetas, topes, guarniciones, según proyecto. Incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT.	m3	Ciento ochenta pesos 00/100 M.N.	5,400.00
II.5	E.P.6	Demolición de registros, brocales y pozos de visita incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	pza	Mil cuatrocientos pesos 00/100 M.N.	42,000.00
II.6	E.P.7	Demolición de tuberías de drenaje incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	m	Mil cien pesos 00/100 M.N.	1,320,000.00
II.7	E.P.8	Excavación o Corte a cualquier profundidad, incluye subbase y base, con acarreo, equipo, mano de obra, tiro libre, y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	m3	Ciento diez pesos 00/100 M.N.	52,250,000.00
				Monto de esta Hoja: \$	55,262,200.00
				Parcial Acumulado: \$	55,262,200.00



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		PRESUPUESTO DE OBRA		HOJA 2 de 3			
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION		OBRA PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO		Aeropuerto: AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO			
O B R A		P R E C I O U N I T A R I O		I M P O R T E			
N°	ESP.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	CON LETRA	CON NÚMERO	EN \$
III		PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS					
III.1	E.P. 9	PAVIMENTOS Formación de la plantilla de arena de 10 cm espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	22,000.00	m3	Trescientos veinte pesos 00/100 M.N.	320.00	7,040,000.00
III.2	E.P. 10	Aero de refuerzo para losas inferior de concreto hidráulico incluye: incluye acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas y todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	5,200.00	ton	Quince mil pesos 00/100 M.N.	15,000.00	78,000,000.00
III.3	E.P. 11	Formación de la losa de concreto armado con producto de material 3/4" de 15cm espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	33,000.00	m3	Cuatro mil quinientos pesos 00/100 M.N.	4,500.00	148,500,000.00
III.4	E.P. 12	Formación de la capa de subrasante con producto del material de 3 1/2" a max. 1.10 m de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	320,000.00	m3	Trescientos veinte pesos 00/100 M.N.	320.00	102,400,000.00
III.5	E.P. 13	Formación de la capa de subbase con producto del material de 38mm de 20 cm de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	42,500.00	m3	Trescientos sesenta pesos 00/100 M.N.	360.00	15,300,000.00
III.6	E.P. 14	Formación de la capa de base estabilizada con 4 % de cemento Portland con producto del material de 38 mm de 20 cm de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	42,500.00	m3	Cuatrocientos sesenta pesos 00/100 M.N.	460.00	19,550,000.00
III.7	E.P. 15	Cemento portland para estabilización incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, P.U.O.T.	3,400.00	ton	Dos mil quinientos sesenta pesos 00/100 M.N.	2,560.00	8,704,000.00
III.8	E.P. 16	Riego de impregnación a razón de 1.5 lm2, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECM-60) incluye barrido de la superficie, adquisición del material, almacenamiento, calentamiento y aplicación de la emulsión, P.U.O.T.	316,000.00	l	Cuatro pesos 00/100 M.N.	4.00	1,264,000.00
III.9	E.P. 17	Riego de liga a razón de 0.8 lm2, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECR-60) incluye barrido de la superficie, adquisición del material, almacenamiento, calentamiento y aplicación de la emulsión, P.U.O.T.	336,000.00	l	Tres pesos 30/100 M.N.	3.30	1,108,800.00
						Monto de esta Hoja: \$ 381,866,800.00 Parcial Acumulado: \$ 437,129,000.00	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		PRESUPUESTO DE OBRA		HOJA 3 de 3				
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA PARA EXPRESION DE PRECIOS UNITARIOS Y MONTO TOTAL DE LA PROPOSICION		OBRA PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCION DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO		Aeropuerto: AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO				
N°	ESP.	DESCRIPCION	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	PRECIO UNITARIO CON LETRA	CON NUMERO	IMPORTE EN \$.	
								O B R A C O N C E P T O S D E S C R I P C I O N
PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS								
III.	10	E.P.	18	Carpeta de concreto asfáltico, espesor según proyecto, con material pétreo de tamaño máximo de 19 mm, compactada al 95 % de su peso volumétrico máximo Marshall. Incluye tendido, compactación, P.U.O.T.(0.12)	m3	Mil treinta pesos 00/100 M.N.	1,030.00	26,780,000.00
III.	11	E.P.	19	Cemento asfáltico AC-20 para utilizarlo en la elaboración de mezcla asfáltica incluye adquisición, acarreo y aplicación, PUOT	kg	Cuatro pesos 00/100 M.N.	4.00	15,600,000.00
IV OBRAS DE DRENAJE								
IV.	1	E.P.	20	Canales de concreto hidráulico para captación de aguas pluviales, según proyecto correspondiente. Incluye todo lo necesario para su ejecución, PUOT	m	Cuatro mil quinientos pesos 00/100 M.N.	4,500.00	5,085,000.00
				Construcción del canal captadora de aguas pluviales Tipo 1	m	Cuatro mil pesos 00/100 M.N.	4,000.00	1,200,000.00
IV.	2	E.P.	21	Rejilla irving electrosoldada de tipo IS-06 Tipo 1, de 3/8" X 3 1/2" P.U.O.T.	m2	Doce mil pesos 00/100 M.N.	12,000.00	13,200,000.00
IV.	3	E.P.	22	Tubo de polietileno de alta densidad de 76 cm (30") por P.U.O.T.	m	Mil quinientos dos pesos 00/100 M.N.	1,502.00	938,750.00
IV.	4	E.P.	23	Tubo de polietileno de alta densidad de 91 cm (36") por P.U.O.T.	m	Mil novecientos ochenta y un pesos 00/100 M.N.	1,981.00	1,188,600.00
IV.	5	E.P.	24	Tubo de polietileno de alta densidad de 106 cm (24") por P.U.O.T.	m	Doce mil seiscientos cincuenta pesos 00/100 M.N.	2,850.00	132,500.00
IV.	6	E.P.	25	Construcción de registros pluviales de 0.75 por 0.90 m, para canales incluye: mano de obra, acarreo, concreto, varillaje todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	pza	Veinte y cinco mil seiscientos pesos 00/100 M.N.	25,600.00	358,400.00
IV.	7	E.P.	26	Construcción de registros especiales. incluye mano de obra, acarreo, equipo materiales, P.U.O.T	m2	Doce mil pesos 00/100 M.N.	12,000.00	240,000.00
V SEÑALAMIENTO HORIZONTAL								
V.	1	E.P.	25	Señalamiento horizontal con pintura reflejante, P.U.O.T.	m2	Sesenta y cinco pesos 00/100 M.N.	65.00	260,000.00
				Pintura amarilla	m2	Sesenta y cinco pesos 00/100 M.N.	65.00	260,000.00
				Pintura roja	m2	Sesenta y cinco pesos 00/100 M.N.	65.00	32,500.00
				Pintura negra	m2	Sesenta y cinco pesos 00/100 M.N.	65.00	39,000.00
				Pintura blanca	m2	Sesenta y cinco pesos 00/100 M.N.	65.00	39,000.00
Monto de esta Hoja: \$							65,314,750.00	
Parcial Acumulado: \$							502,443,750.00	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		PROGRAMA DE OBRA		HOJA 1 de 3																	
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA		OBRA		PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO																	
N°	ESP.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	PROGRAMA DE OBRA																
					MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10							
I.		PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS																			
I.1	EP.1	TRAZO Y NIVELACIÓN Ubicación en campo de los ejes de proyecto y de las secciones de construcción, incluye trazo, nivelación, mano de obra, equipo, PUOT	1.00	eventamiento																	
II.		DEMOLICIONES Y EXCAVACIONES																			
II.1	EP.2	Demolición de losas existentes en hangares incluye: acarreo, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	330.00	m3																	
II.2	EP.3	Demolición de cimentación existentes en hangares incluye: acarreo, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	330.00	m3																	
II.3	EP.4	Demolición de carpeta existente en plataformas incluye: acarreo, equipo mano de obra y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT y todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	11,300.00	m3																	
II.4	EP.5	Demolición de concreto hidráulico de losas y pavimentos, banquetas, topes, guardamontes, según proyecto, incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT.	30.00	m3																	
II.5	EP.6	Demolición de registros, brocales y pozos de visita incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	30.00	pza																	
II.6	EP.7	Demolición de tuberías de drenaje incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, tiro libre y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	1,200.00	m																	
II.7	EP.8	Excavación o Corte a cualquier profundidad, incluye subbase y base, con acarreo, equipo, mano de obra, tiro libre, y todo lo relacionado para su correcta ejecución, PUOT	475,000.00	m3																	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		PROGRAMA DE OBRA		HOJA 2 de 3																
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA		PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO																		
N°	ESP.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	PROGRAMA DE OBRA															
					MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10						
III		PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS PAVIMENTOS																		
III.1	E.P. 9	Formación de la plantilla de arena de 10 cm espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	22.000.00	m3																
III.2	E.P. 10	Acero de refuerzo para losas inferior de concreto hidráulico incluye: incluye acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas y todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	5.200.00	ton																
III.3	E.P. 11	Formación de la losa de concreto armado con producto de material 3/4" de 15cm espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	33.000.00	m3																
III.4	E.P. 12	Formación de la capa de subrasante con producto del material de 3 1/2" a max 1.10 m de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	320.000.00	m3																
III.5	E.P. 13	Formación de la capa de subbase con producto del material de 38mm de 20 cm de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	42.500.00	m3																
III.6	E.P. 14	Formación de la capa de base estabilizada con 4 % de cemento Portland con producto del material de 38 mm de 20 cm de espesor, incluye barrido de la superficie, material, almacenamiento, tendido, compactación, acarreo, agua, PUOT	42.500.00	m3																
III.7	E.P. 15	Cemento portland para estabilización incluye: acarreo, equipo, mano de obra, materiales, carga y descargas, P.U.O.T.	3.400.00	ton																
III.8	E.P. 16	Riego de impregnación a razón de 1.5 l/m2, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECM-50) incluye barrido de la superficie, adquisición del material, almacenamiento, calentamiento y aplicación de la emulsión, P.U.O.T.	316.000.00	l																
III.9	E.P. 17	Riego de liga a razón de 0.8 l/m2, con emulsión asfáltica de rompimiento rápido (ECR-60) incluye barrido de la superficie, adquisición del material, almacenamiento, calentamiento y aplicación de la emulsión, P.U.O.T.	336.000.00	l																



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		PROGRAMA DE OBRA		HOJA 3 de 3									
						PROYECTO EJECUTIVO PARA CONSTRUCCIÓN DE LA PLATAFORMA COMERCIAL EN LA TERMINAL DOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CD. DE MEXICO							
RELACION DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE OBRA		CANTIDAD DE OBRA	UNIDAD	PROGRAMA DE OBRA									
N°	ESP.			DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9
O B R A													
CONCEPTOS													
PLATAFORMA Y RODAJES DE CONCRETO ASFALTICOS													
III.10	E.P. 18	Carpeta de concreto asfáltico, espesor según proyecto, con material pétreo de tamaño máximo de 19 mm, compactada al 95 % de su peso volumétrico máximo Marshall. Incluye tendido, compactación, P.U.O.T.(0.12)	26,000.00	m3									
III.11	E.P. 19	Cemento asfáltico AC-20 para utilizarlo en la elaboración de mezcla asfáltica incluye adquisición, acarreo y aplicación, PUOT	3,900,000.00	kg									
OBRAS DE DRENAJE													
IV.1	E.P. 20	Canales de concreto hidráulico para captación de aguas pluviales, según proyecto correspondiente. Incluye todo lo necesario para su ejecución, PUOT Construcción del canal captadora de aguas pluviales Tipo 1 Construcción del canal captadora de aguas pluviales Tipo 2	1,130.00	m									
IV.2	E.P. 21	Rejilla living electrosoldada de tipo IS-06 Tipo 1, de 3/8" X 3 1/2" P.U.O.T.	1,100.00	m2									
IV.3	E.P. 22	Tubo de polietileno de alta densidad de 76 cm (30") por P.U.O.T.	625.00	m									
IV.4	0	Tubo de polietileno de alta densidad de 91 cm (36") por P.U.O.T.	600.00	m									
IV.5	0	Tubo de polietileno de alta densidad de 106 cm (24") por P.U.O.T.	50.00	m									
IV.6	E.P. 23	Construcción de registros pluviales de 0.75 por 0.90 m, para canales incluye: mano de obra, acarreo, concreto, varillaje todo lo relacionado para su correcta ejecución, P.U.O.T.	14.00	pza									
IV.7	E.P. 24	Construcción de registros especiales, incluye mano de obra, acarreo, equipo materiales, P.U.O.T	20.00	m2									
SEÑALAMIENTO HORIZONTAL													
V.1	E.P. 25	Señalamiento horizontal con pintura reflejante, P.U.O.T. Pintura amarilla Pintura roja Pintura negra Pintura blanca	4,000.00 4,000.00 500.00 600.00	m2 m2 m2 m2									



CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Del estudio realizado a los bancos de materiales, se obtuvo que para las capas de terracerías y de subrasante, el banco que resulta más adecuado respecto a los materiales, resultados de laboratorio y ubicación son los bancos “La Estancia y El Poli”.

Para las capas de subbase y base el banco que resulta más adecuado de acuerdo con las calidades de los materiales y la ubicación del banco es el Banco “PROMAPE y TRIBASA (ATLIPAC)”.

Para la carpeta asfáltica, de acuerdo con los resultados el banco que resulta más conveniente es el “TRIBASA (ATLIPAC)”.

Se analizaron las áreas de escurrimiento y la topografía de la zona en estudio; así como, las obras de drenaje existentes en la periferia de la Terminal 2 para observar la tendencia de los escurrimientos y realizar el cálculo de las obras de drenaje necesarias para evitar el estancamiento debido a la precipitación pluvial.

Debido a la construcción de la plataforma, se realizó un análisis completo para la reubicación del sistema de alcantarillado y propuesta de las pendientes para el bombeo en la zona de estudio.

Del resultado de los desplazamientos verticales obtenidos mediante el deformómetro de impacto HWD se observa que los desplazamientos obtenidos son mayores a 1.0 mm, por lo que se considera que el pavimento es insuficiente para las cargas que se están aplicando.

La zona de Plataforma corresponde al rodaje paralelo, en esta zona se encuentran bajos los módulos de carpeta y base hidráulica.

De los resultados de laboratorio se observa que el material de la capa de base hidráulica cumple con las especificaciones de acuerdo con la normativa de la SCT.

Del análisis del pavimento de la estructura actual, de acuerdo con el método propuesto por la FAA (Administración Federal de Aviación) para la aeronave crítica B777-300ER el espesor mínimo requerido para la estructura del pavimento es de 120.0 cm; este análisis solo toma en cuenta la carga de la aeronave y no las condiciones críticas que presenta el terreno natural donde se encuentra ubicado el aeropuerto.



Los espesores actuales de las áreas operativas analizadas, no cumplen con el espesor mínimo requerido para soportar las cargas de la aeronave crítica.

De acuerdo con el análisis de la estratigrafía de la zona el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México se encuentra ubicado en terrenos del área denominada como Zona Lacustre y de acuerdo con los resultados de estudios realizados en el aeropuerto, la capa dura se encuentra a aproximadamente 35.0 m de profundidad.

De acuerdo con el análisis realizado a las Alternativas de rehabilitación la denominada Alternativa 1 **“Cimentación compensada”**, resulta ser la más adecuada para mejorar la distribución de esfuerzos en la plataforma y rodajes y soportar las solicitaciones de carga de las aeronaves de diseño.

De los resultados del análisis realizado a la Alternativa 1 Cimentación compensada, la estructura propuesta cumple, de acuerdo con el método de la FAA y las tablas proporcionadas por el constructor (Boeing, con sus consecuentes limitaciones) de la aeronave crítica B777-300ER, con un horizonte de diseño de 20 años o de 25,000 salidas al año.

Del análisis de resultados tanto a la propuesta de pavimento de concreto asfáltico como a la del pavimento hidráulico, se obtiene que el PCN en ambos casos es mayor al ACN de las aeronaves críticas; por lo que se considera que la estructura del pavimento es suficiente para soportar las cargas impuestas por las aeronaves críticas.

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, es el mas importante a nivel Latinoamérica, en el pasan alrededor de 60 millones de pasajeros anuales y se realizan un aproximado de 288 operaciones diarias, debido a esto y al plan maestro del AICM se optó por la construcción de la Terminal 2 que solventará el problema momentáneamente.

El principal problema del AICM es la saturación del tráfico aéreo, pero esto lleva a una cadena de problemas muy importantes que interfieren en la óptima operación de cualquier aeropuerto internacional, originando demoras en los vuelos tanto los de salida como los de llegada y repercutiendo en los usuarios.

Esta problemática se hubiera podido solucionar de manera momentánea con la construcción de una tercera pista de aterrizaje, con la ayuda de esto, permitiría el alivio del trafico aéreo que se reflejaría de manera económica y de tiempo entre otras cosas ya que las aeronaves no tendrían que dar “vueltas” ni “hacer tiempo” para que se desocupen las pistas y así poder aterrizar.



De la misma manera, las aeronaves de salida, ya no tendrían que hacer “fila” para salir y principalmente los pasajeros, esto representaría un ahorro en tiempo principalmente. En general, el costo de los vuelos que salen o llegan en un aeropuerto dependen de que tan importante sean los vuelos, es decir, hay prioridad a aquellos que les reditúe mas recursos al aeropuerto.

Como vuelvo a repetir, esto solucionaría el problema momentáneamente, pero si el AICM desea seguir siendo uno de los más importantes aeropuertos a nivel mundial, tendrá que apostar por la construcción de un aeropuerto mucho más grande, que cuente con toda la infraestructura necesaria para estar a la par de aeropuertos internacionales como son: El de Barajas en España, Heathrow en Londres, Charles De Gaulle en Francia, etc.



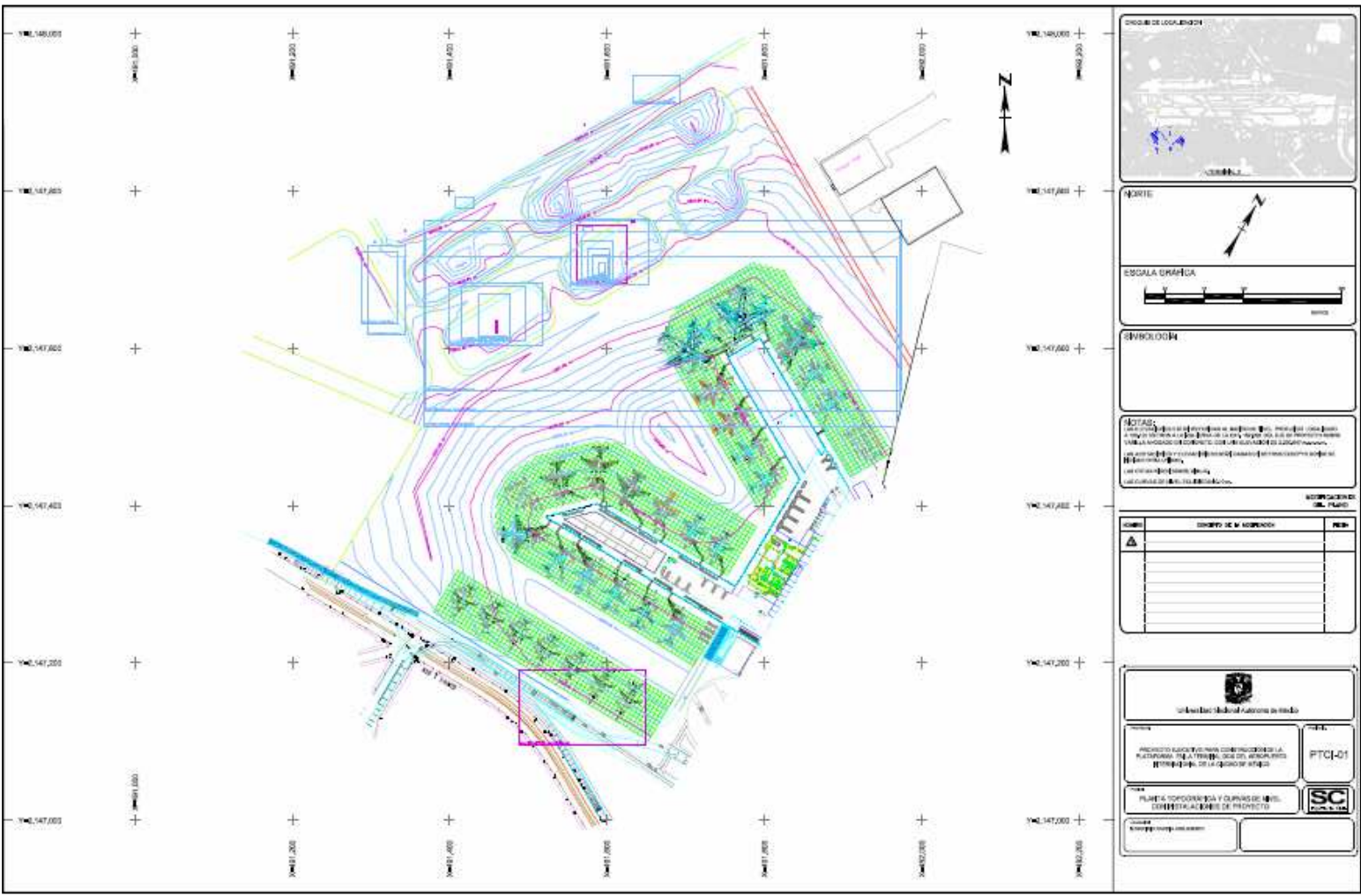
ANEXOS



PLANO GENERAL

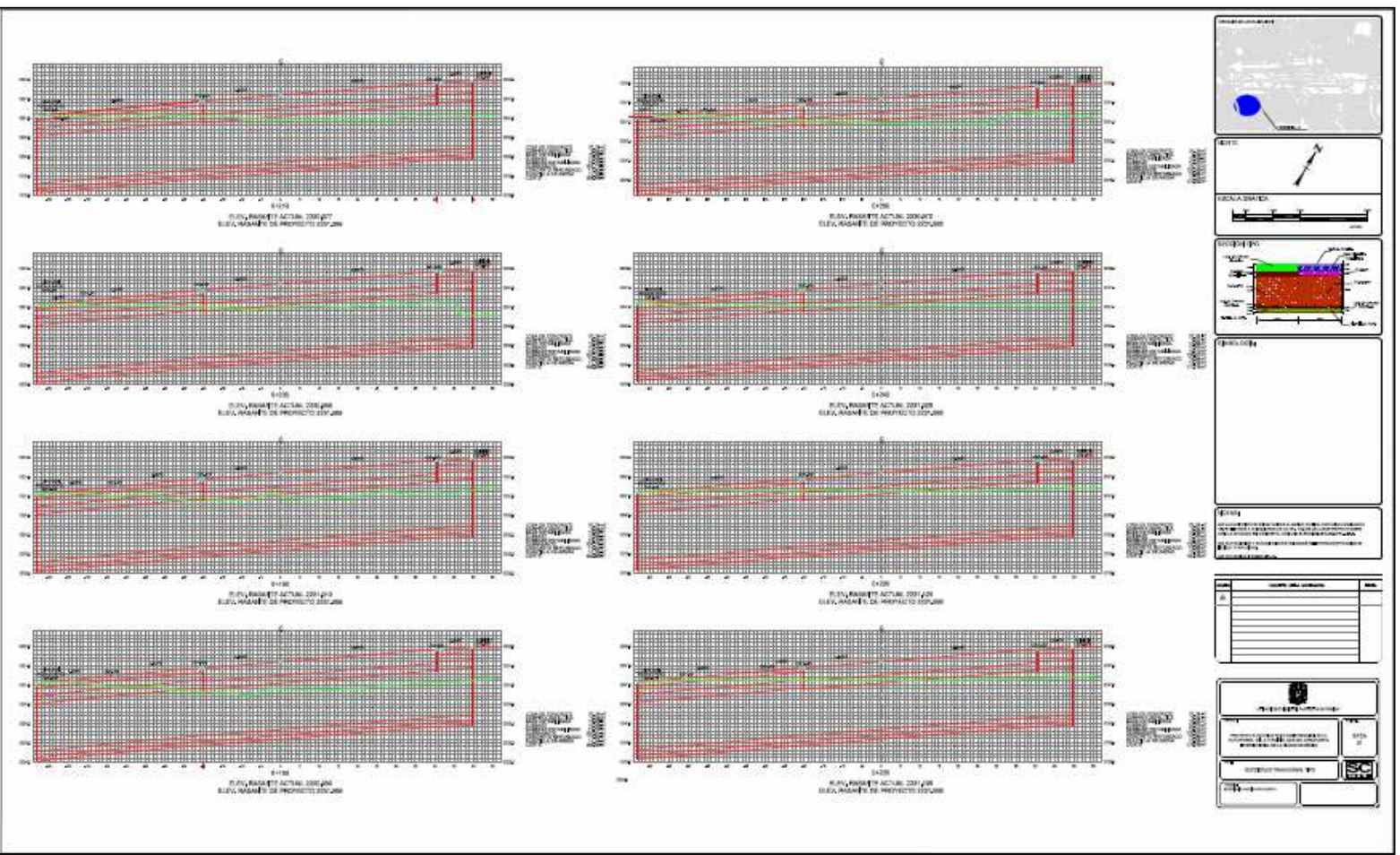


PLANTA SEÑALAMIENTO HORIZONTAL Y ACOMODO AEREO

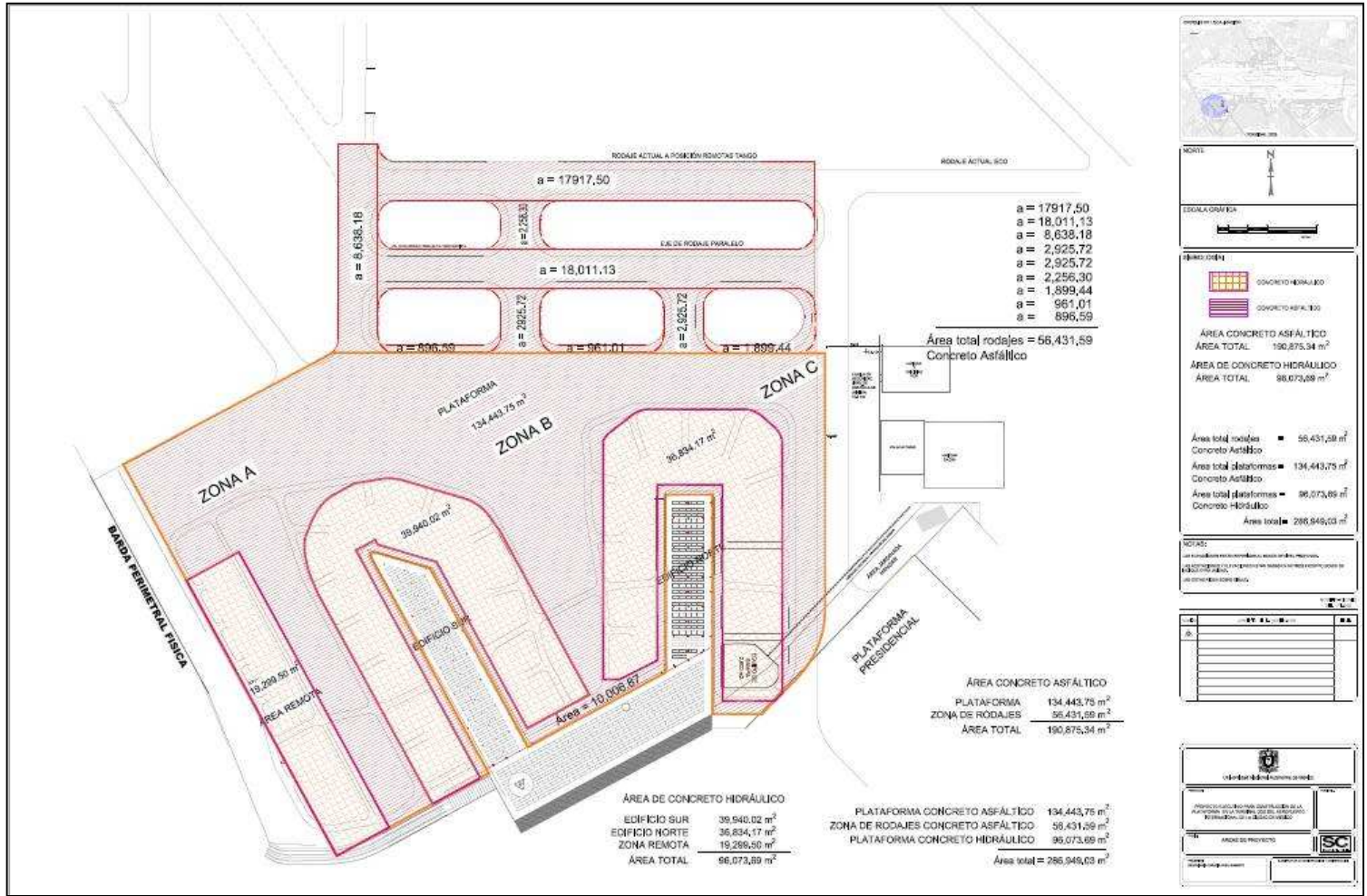


PTCI-01 PLANTA TOPOGRAFICA Y CURVAS DE NIVEL CON INSTALACIONES DE PROYECTO





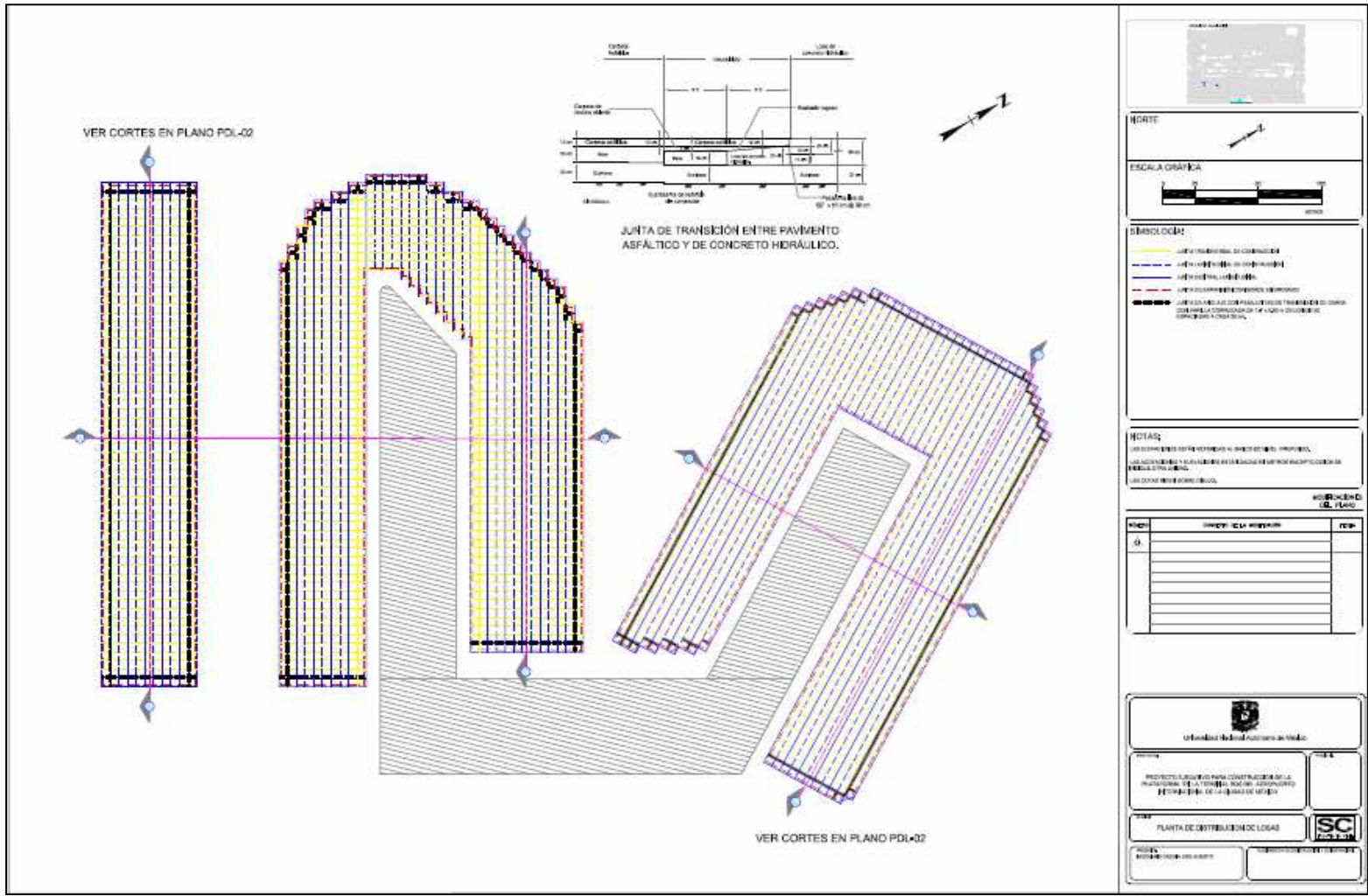
STE A-01 SECCION TRANSVERSAL TIPO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 PROYECTO EJECUTIVO DE LA PLATAFORMA DE LA T-2 DEL AICM

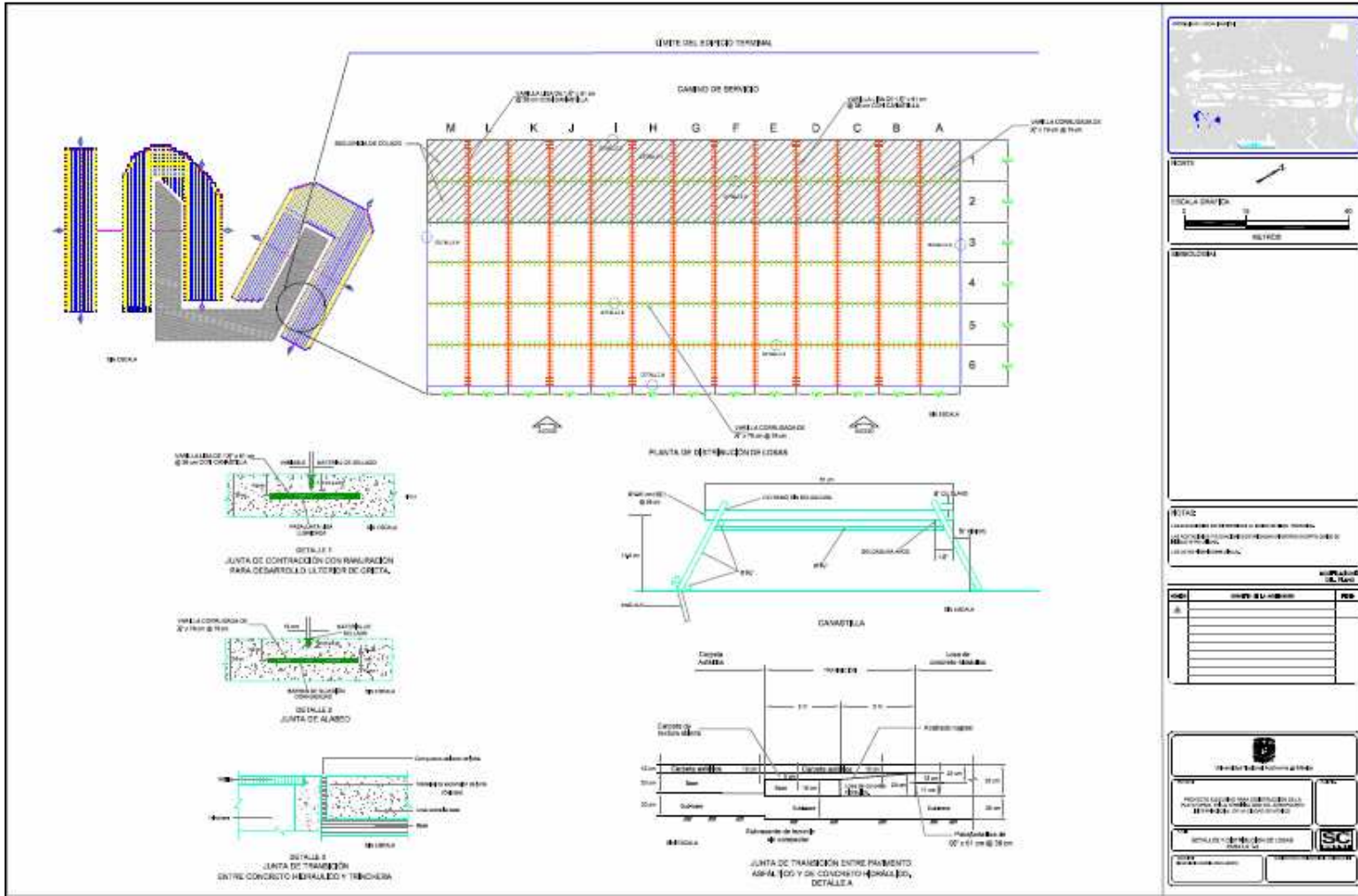


AREAS DE PROYECTO



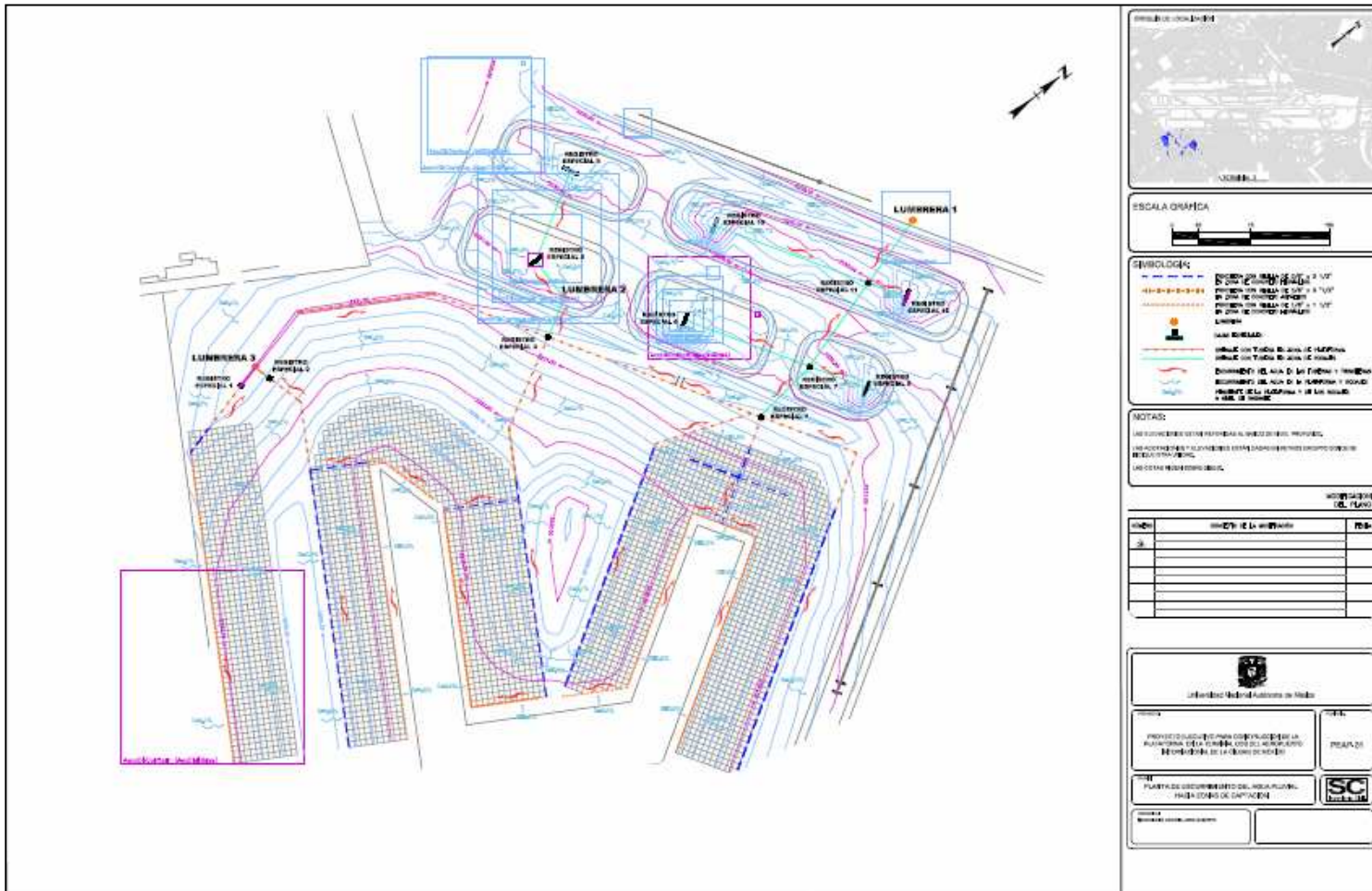
PLANTA DE DISTRIBUCION DE LOSAS

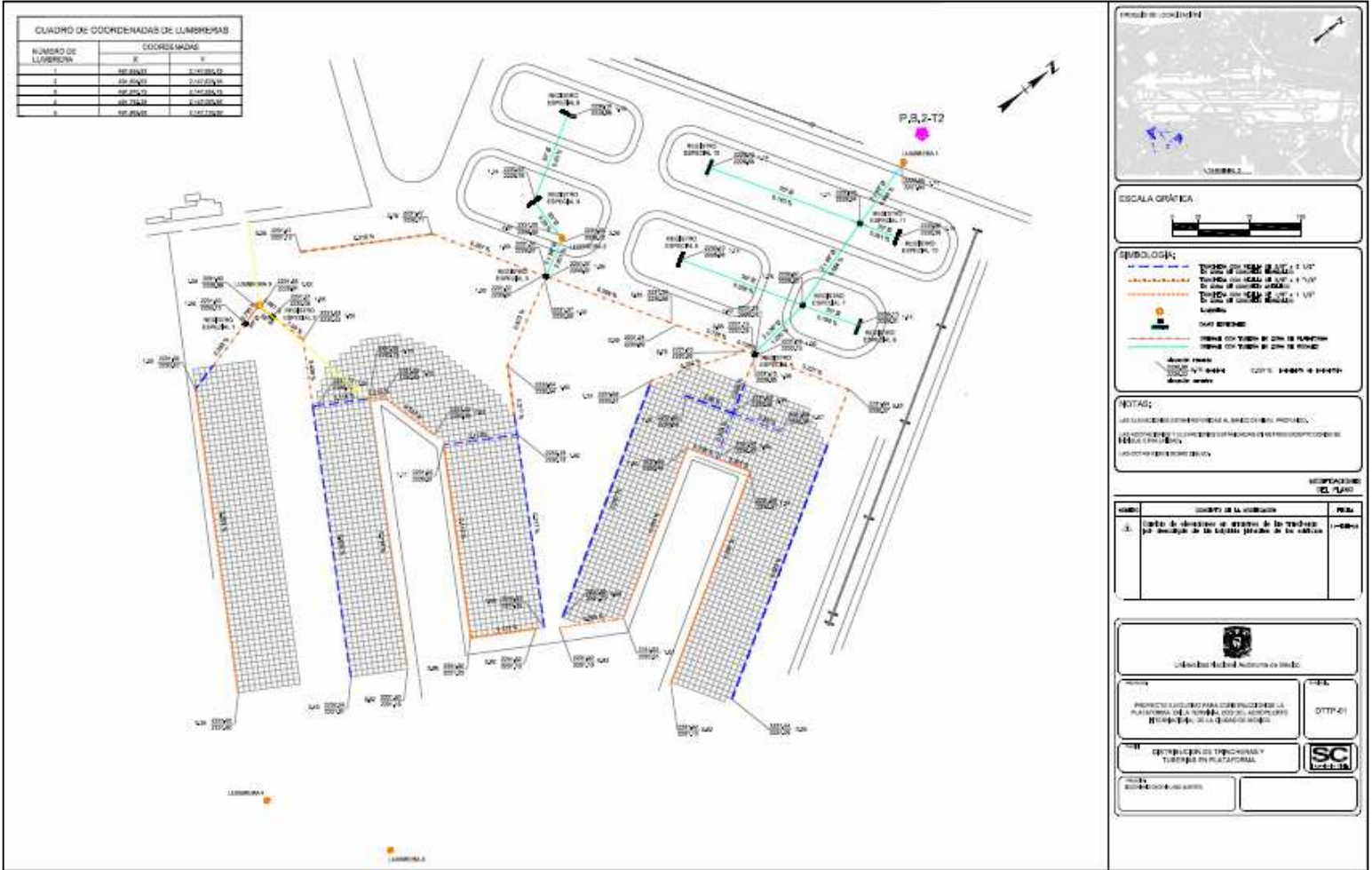




DETALLES Y DISTRIBUCION DE LOSAS PARA T-2

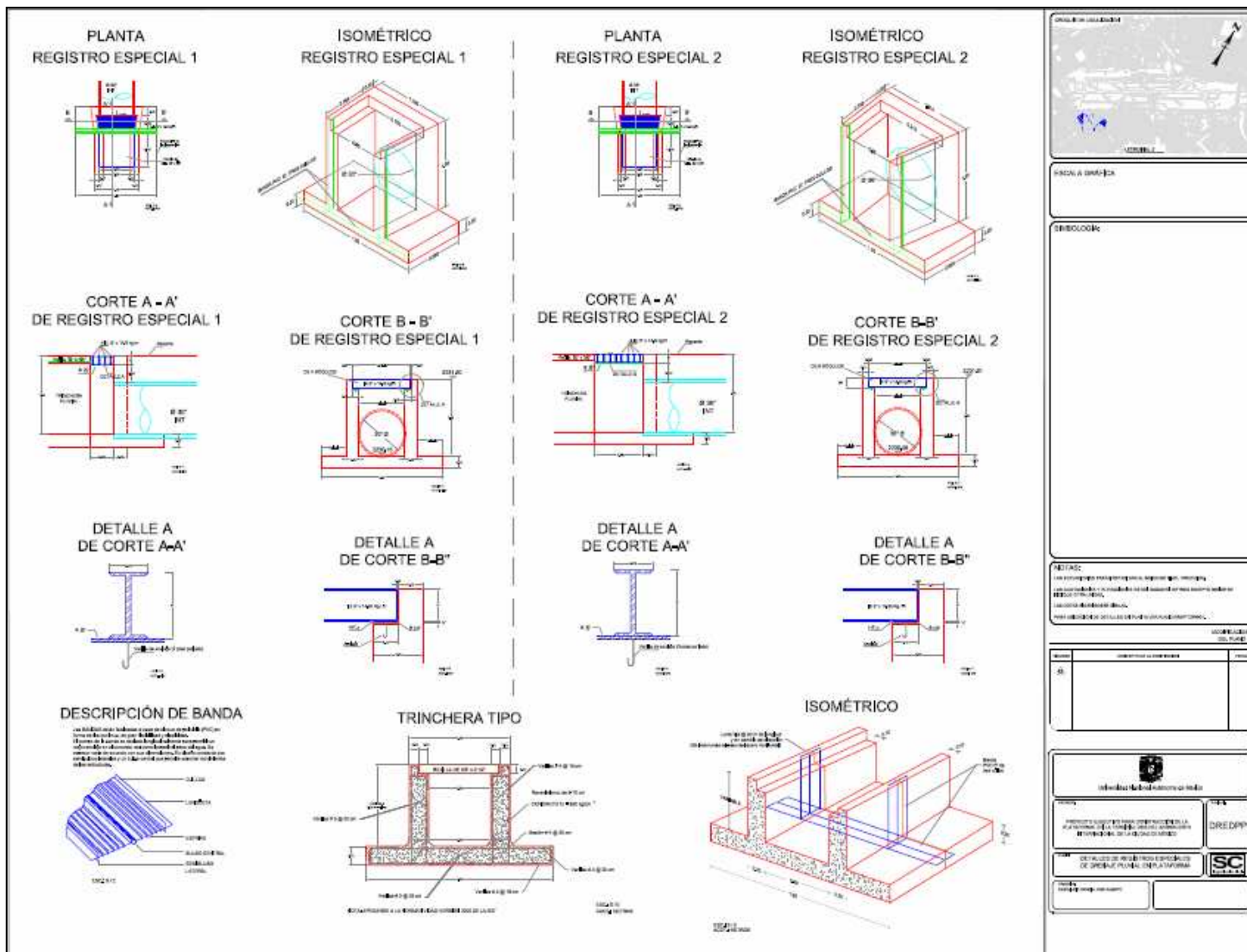






DTP-01 DISTRIBUCION DE TRINCHERAS Y TUBERIAS EN PLATAFORMA

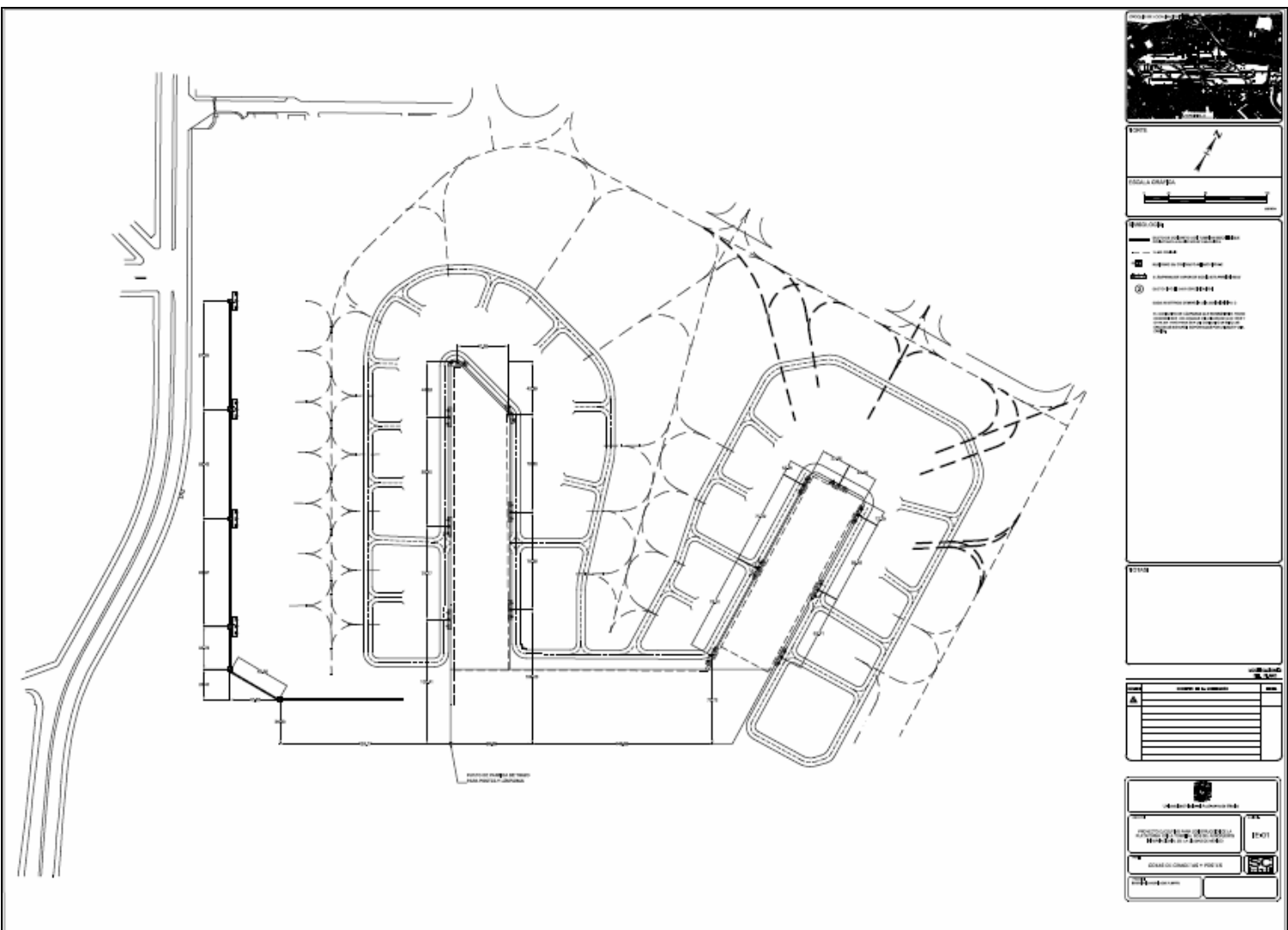


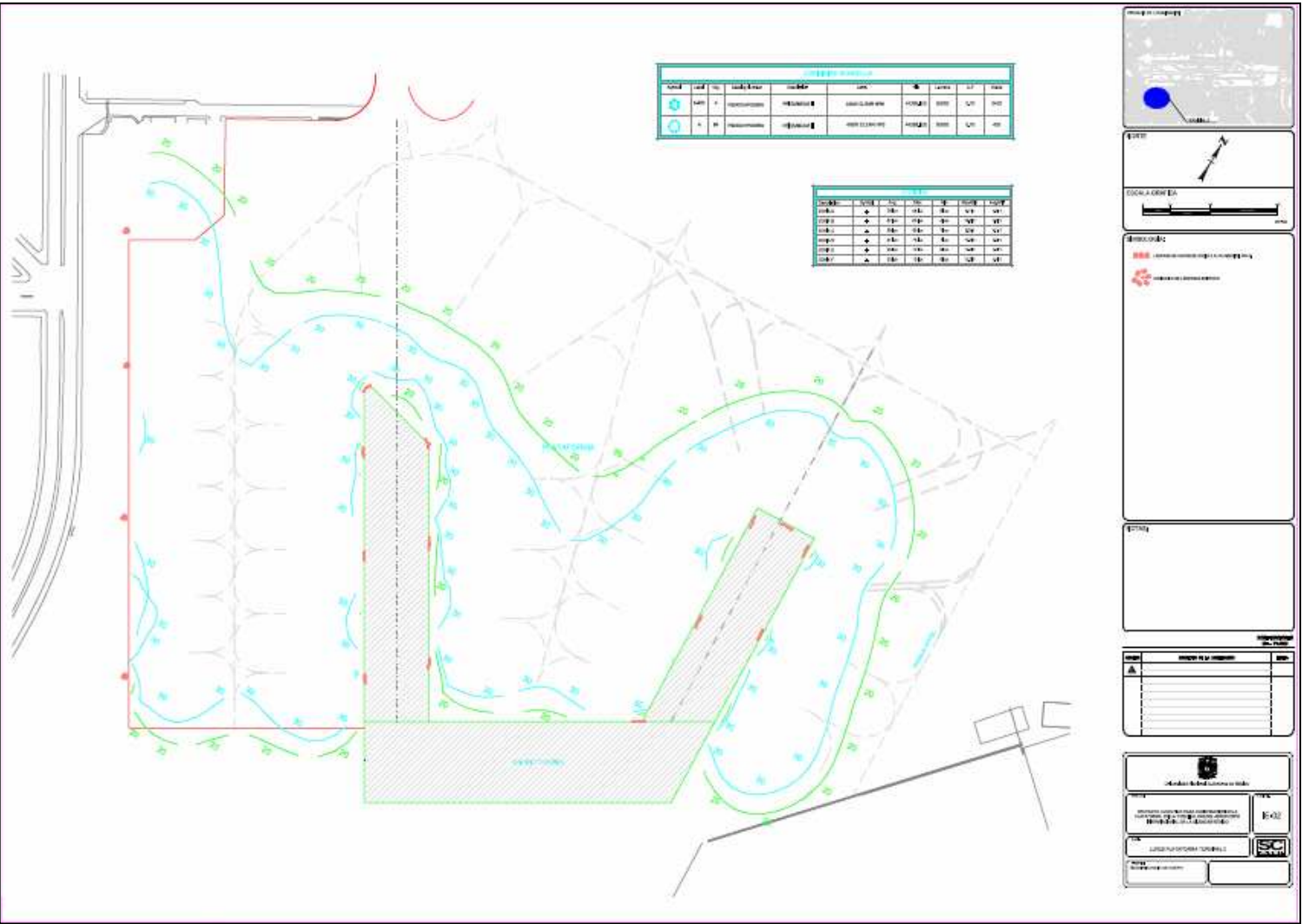


TÍTULO:	
SUBTÍTULO:	
NOTAS:	
ESCALA:	
FECHA:	
DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS	
DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	
DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	
DIRECCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS	

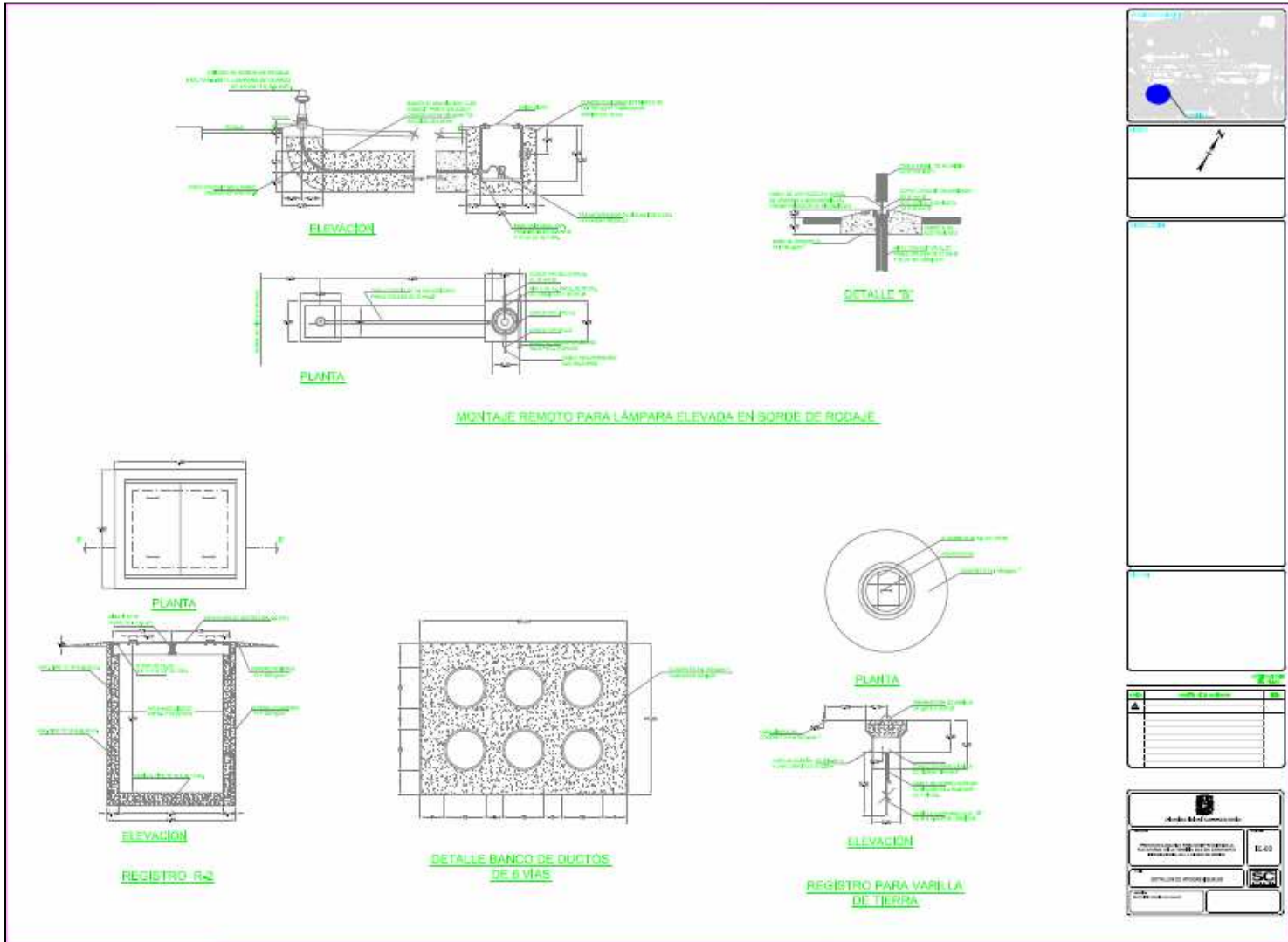


DREDPP DETALLES DE REGISTROS DE DRENAJE PLUVIAL EN PLATAFORMA





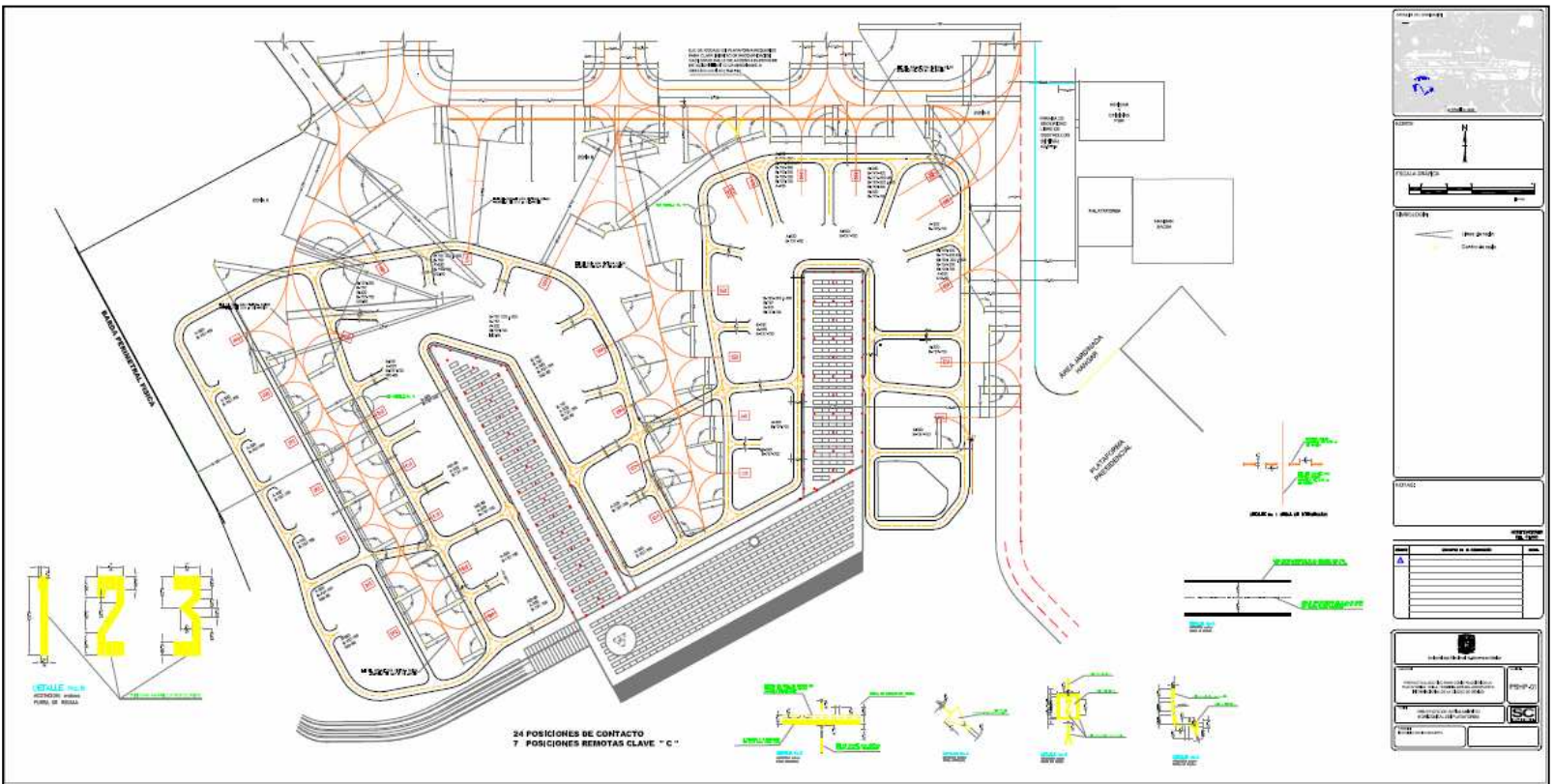
IE-02 LUXES PLATAFORMA TERMINAL 2



<table border="1"> <tr> <td> <table border="1"> <tr> <td> </td> <td> UNAM </td> </tr> <tr> <td> INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> IIT </td> </tr> <tr> <td> CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> CIIT </td> </tr> <tr> <td> LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> LIIT </td> </tr> </table> </td> <td> E-03 </td> </tr> </table>	<table border="1"> <tr> <td> </td> <td> UNAM </td> </tr> <tr> <td> INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> IIT </td> </tr> <tr> <td> CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> CIIT </td> </tr> <tr> <td> LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> LIIT </td> </tr> </table>		UNAM	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	IIT	CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	CIIT	LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	LIIT	E-03
<table border="1"> <tr> <td> </td> <td> UNAM </td> </tr> <tr> <td> INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> IIT </td> </tr> <tr> <td> CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> CIIT </td> </tr> <tr> <td> LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA </td> <td> LIIT </td> </tr> </table>		UNAM	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	IIT	CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	CIIT	LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	LIIT	E-03	
	UNAM									
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	IIT									
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	CIIT									
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA	LIIT									

IE-03 DETALLES DE AYUDAS VISUALES





PSHP-01 PROYECTO DE SEÑALAMIENTO HORIZONTAL EN PLATAFORMA



BIBLIOGRAFIA



BIBLIOGRAFIA

“Normas y Métodos Recomendados Internacionales”, Anexo 14; Aeródromos, OACI. Segunda edición –julio de 1995.

“PIA de México” Publicación de Información Aeronáutica, Seneam S. C. T.1993

Página: www.inegi.gob.mx/entidades

Figuroa, J. "Carta Sísmica de la República Mexicana", Instituto de Ingeniería, UNAM, Informe # 343, México, D.F., 1974.

Normatividad para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Edición 2000

“ELMOD”, 5.0, User’s Manual, abril 2004.

“Manual de Aeródromos; Anexo 14”; Normas y Métodos Recomendados Internacionales, OACI, Tercera Edición, julio de 1999.

“Technical Data Support and Services”; Airbus S.A.S. 31707 Blagnac CEDEX, France. Customer Services, Printed in France AIRBUS S.A.S. 2003

“777 Airport Planning document”; www.boeing.com/airports

“El Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el Área Urbana del Valle de México; Simposio”. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C., 10 de marzo de 1978.