

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO DE INGENIERIA MEJORAMIENTO  
DEL AERÓDROMO DE BREU – UCAYALI”**



INFORME DE TESIS

PRESENTADO POR:

BACH. ING. HARDY WILLIAM SILVA GARCIA

LIMA – PERU

AÑO 2011

## Contenido

1. PLAN MAESTRO DEL AERÓDROMO .....	17
1.1 Concepto .....	17
1.2 Objetivos y Fases del Plan Maestro .....	18
1.3 Inventario del Aeródromo.....	32
1.4 Análisis de la Demanda .....	33
1.5 Estrategia de Desarrollo.....	43
1.6 Estudio de medio ambiente.....	48
1.7 Evaluación Financiera - Económica .....	68
2. ESTUDIOS DE CAMPO.....	73
2.1 Estudios Topográficos .....	73
2.2 Estudios de Suelos, Canteras y Evaluación de Pavimentos.....	76
2.2.1 Estudio de Suelos.....	76
2.2.2 Estudio de Canteras .....	79
2.2.3 Evaluación de Pavimentos .....	80
2.3 Estudio de Hidrología .....	81
3.DISEÑOS.....	82
3.1 Diseño Geométrico del Área de Movimiento .....	82
3.1.1 Pista de Aterrizaje y /o Despegue .....	82
3.1.2 Calle de Salida .....	86
3.1.3 Plataforma de Estacionamiento de Aeronaves.....	87
3.2 Diseño Estructural del Pavimento del Área del Movimiento .....	87
3.2.1 Método de la FAA .....	87
3.2.2 Diseño Adoptado .....	92
3.2.3 Diseño de Drenaje.....	94
3. ESPECIFICACIONES TECNICAS .....	101
3.1 Especificaciones Técnicas Generales .....	101
Asfalto Emulsificado .....	135
SS-1, SS-1h.....	135
Asfalto Diluido .....	135
3.2 Especificaciones Técnicas Especiales .....	156
4. METRADOS .....	182

4.1	Resumen de Metrados.....	183
4.2	Metrados por Partidas .....	183
5.	COSTOS Y PRESUPUESTOS .....	184
5.1	Costos Directos .....	184
5.2	Costos Indirectos.....	187
5.3	Presupuesto de Obra o Valor Referencial de Obra .....	187
5.4	Fórmulas Polinómicas.....	188
6.	PROGRAMACION DE OBRAS .....	189
6.1	PROGRAMACION GANT O DIAGRAMA DE OBRA.....	190
6.2	PROGRAMACION PERT – CPM.....	190

## RESUMEN

El presente tema de Tesis “Estudio de Ingeniería para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu” tiene como finalidad proponer y describir los principios básicos y criterios técnicos necesarios para la aplicación de la Ingeniería de Aeródromos, de tal forma de contar con la documentación técnica que permita el mejoramiento del citado aeródromo, ubicado en la frontera nor este del país.

Debido a que actualmente cuenta con un pavimento precario y por estar rodeado parcialmente por el río Yurua que limita futuras ampliaciones, requiere de un mejoramiento integral, para lo cual se ha planteado reorientar en 6° el actual eje de la pista de aterrizaje y/o despegue, de tal forma que pueda lograr su desarrollo, según detalle:

En una Primera Etapa, para atender las operaciones de aeronaves ligeras (avionetas) con Clave de Referencia de Aeródromo 1B, se plantea la construcción de una pista de 900 m. de largo por 18 m. de ancho con su plataforma de estacionamiento de aviones y calle de salida.

En una Segunda Etapa como máximo desarrollo, para atender las operaciones de aeronaves de tipo regional con Clave de Referencia de Aeródromo 2B o 3C, se plantea la construcción de una pista de 1300 m. de largo por 30 m. de ancho con su plataforma de estacionamiento de aviones y calle de salida con un pavimento a nivel mortero asfáltico.

## RESUMEN EN INGLES

**This thesis topic “Engineering Study for the Improvement of Aerodrome Breu” is to propose and describe the basic principles and technical criteria necessary for the application of engineering of airports, so to have the technical documentation that enables the improvement of that airfield, located on the northeast border of the country.**

Because currently has a poor pavement and being partially surrounded by the river Yurua limiting future expansion, requires a comprehensive improvement, for which was raised in 6 ° reorient the current runway landing and / or off, so that it can achieve its development, as detailed:

In a first stage, to address the operations of light aircraft (planes) with Aerodrome Reference Code 1B, there is the construction of a runway of 900 m. long and 18 m. wide with aircraft parking apron and taxiway output.

In Stage II the latest development to meet the aircraft of type operations with key regional Aerodrome Reference 2B or 3C, we propose the construction of a runway of 1300 m. long and 30 m. wide with his apron aircraft and taxiway pavement with an asphalt mortar level.

## **PALABRAS CLAVES**

**Breu** , Ciudad donde se realizara el proyecto.

**Aeródromo**, Infraestructura preparada para el aterrizaje y despegue de aeronaves.

**Clave de Referencia de Aeródromo**, el propósito es proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo.

**Numero de Clasificación de Aeronaves**, Cifra que indica el efecto relativo de una aeronave sobre un pavimento, para determinada categoría normalizada del terreno de fundación.

**Numero de Clasificación de Pavimentos**, Cifra que indica la resistencia de un pavimento para utilizarlo sin restricciones para operaciones de aeronaves.

**Plan Maestro**, se le define como el documento que establece el uso del suelo y las actuaciones, ordenadas cronológicamente, necesarias en un aeródromo para satisfacer la demanda futura prevista.

## **PROBLEMAS DE INVESTIGACION**

El problema central que presenta el Aeródromo de Breu, es la inseguridad y limitadas condiciones de operatividad de la pista de aterrizaje del citado aeródromo para las aeronaves ligeras (avionetas).

El precario pavimento de la pista de aterrizaje y/o despegue del aeródromo de Breu, a nivel de terreno mejorado (arcilla - arena) con pasto natural y sin ningún tipo de revestimiento, se encuentra deteriorado y representa un peligro potencial de ocurrencia de accidentes y/o incidentes de aviación.

## **OBJETIVO**

Es contribuir y/o apoyar para la ejecución del Mejoramiento del Aeródromo de Breu, a fin de dar solución al problema de baja seguridad durante las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves usuarias, y **apoyar de esta forma al desarrollo económico, social, cultural y turístico de esta zona fronteriza de la provincia de Atalaya**, aumentando los volúmenes del tráfico de pasajeros y carga, pues las unidades económicas generadoras de tráfico tendrán la confianza en el servicio aéreo, y que las personas y los bienes llegarán a su destino.

## **HIPOTESIS**

Mejorar la infraestructura aeroportuaria, de tal forma que en una primera etapa puedan operar aeronaves ligeras (avionetas) y en segunda etapa (máximo desarrollo) aeronaves de tipo regional con los estándares de seguridad.

## **METODOLOGIA**

El presente estudio desarrolla la Fase de Inversión de un Proyecto de Aeródromos, partiendo previamente por el desarrollo del Plan Maestro del Aeródromo, para lo cual se realizaron los estudios de campo respectivo (topografía, suelos, canteras e hidrología) los cuales fueron la base para realizar los diseños respectivos (geométrico, pavimentos y drenaje), así como la determinación de la superficie limitadoras de obstáculos y afines.

## **RESULTADOS**

Mediante el presente estudio se ha obtenido como resultado el Plan Maestro del Aeródromo de Breu y la documentación técnica necesaria para la ejecución de la Obra Mejoramiento del Aeródromo de Breu.

## **CONCLUSIONES**

Debido a que no se cuenta con vías de transporte terrestre y que no hay conexión fluvial a dicha localidad, el Mejoramiento del Aeródromo de Breu es de vital importancia para el desarrollo e integración de esta zona de frontera.

El Aeródromo de Breu requiere de un mejoramiento integral, para lo cual se ha planteado reorientar en 6° el actual eje de la pista de aterrizaje y/o despegue, a fin de permitir la ampliación futura de la pista, lográndose una pista de 1300 m de largo por 30 m de ancho y con un pavimento adecuado a nivel de mortero asfáltico, de tal forma que permita las operaciones de aeronaves de tipo Regional.

En una primera etapa, teniendo en cuenta las características de la zona, se plantea la construcción de una Pista de 900 m de largo por 18 m de ancho con su plataforma de estacionamiento y calle de salida, con un pavimento a nivel de mortero asfáltico Slurry Seal colocado sobre una base estabilizada (arena – cemento) y una sub base (arena – arcilla); para atender aviones ligeros (clave 1 B).

*AGRADECIMIENTO Agradezco a mi padres William Silva Camargo y Juana Garcia Ningle , quien me dieron la vida, y me apoyaron en todo momento y en todo lugar, me formaron y criaron como una persona capaz, pero sobretodo sensible. A mi padre, que me apoyo mucho en mi tesis, y me aconsejo gracias a sus experiencias vividas en su vida profesional. A mi madre, que siempre me aconsejo mucho y siempre estuvo mi lado en todo momento y siempre me hizo recordar que lo que se comienza se acaba. A mi abuelitos que estuvieron a mi lado y me aconsejaron mucho . Agradecimiento al Ingeniero Victor Arevalo Lay , asi como el reconocimiento a su labor de maestro en las aulas universitarias y a su asesoramiento en mi presente tesis. Un agradecimiento especial a todos mi profesores en mi época de estudiante universitario.*



## **ESTUDIO DE INGENIERIA**

### **MEJORAMIENTO DEL AERÓDROMO DE BREU – UCAYALI**

#### **INTRODUCCION**

##### **a. Presentación**

El presente tema de Tesis “Estudio de Ingeniería para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu”, para optar al grado de Ingeniero Civil del Bachiller en Ingeniería Civil Hardy William Silva García, tiene como finalidad describir y proponer los principios básicos y criterios técnicos necesarios para la aplicación de la Ingeniería de Aeródromos, de tal forma de contar con la documentación técnica que facilite el mejoramiento del citado aeródromo de propiedad municipal, ubicado en la frontera nor este del país.

##### **b. Objetivos**

#### **Generales**

El presente estudio tiene como objetivo contar con la documentación técnica que apoye y/o facilite la ejecución del Mejoramiento del Aeródromo de Breu, a fin de dar solución al problema de baja seguridad durante las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves usuarias, y contribuir de esta forma al desarrollo económico, social, cultural y turístico de esta zona fronteriza de la provincia de Atalaya, generando el incremento de los volúmenes del tráfico de pasajeros y carga, pues las unidades económicas generadoras de tráfico tendrán la confianza en el servicio aéreo, y que las personas y los bienes llegarán a su destino. Cabe destacar que el aeródromo de Breu desde su puesta en operación cumplía funciones de apoyo a la colonización y soberanía, mediante la presencia del Ejército Peruano, a través de la Unidad Militar de Asentamiento Rural (UMAR – 5), estando actualmente encuadrada con fines de seguridad y progreso en las áreas que se extienden en esta zona fronteriza.

## **Específicos**

La aplicación de la Ingeniería de Aeródromos y especialidades afines, que se desarrollaran en el presente tema de Tesis, tiene como objetivo contar con la documentación técnica que permita materializar la ejecución de la obra Mejoramiento del Aeródromo de Breu, de tal forma que en una primera etapa permita las operaciones de las aeronaves ligeras (avionetas) y de aeronaves de tipo regional en la etapa de desarrollo final, de acuerdo a las normas de diseño y los estándares internacionales de seguridad operacional.

### **c. Antecedentes**

Hasta el año 1970 no existía el poblado de Breu, el sitio llevaba el nombre de Tipishka. En 1976 se instala la Unidad Militar de Colonización (UMILCO) del Ejército Peruano, un año después cambia de denominación por la Unidad Militar de Asentamiento Rural (UMAR-5). El actual poblado de Breu inicia su historia con la presencia de este organismo militar que se mantiene vigente hasta el día de hoy.

El Ejército del Perú, a través de la Unidad Militar de Asentamiento Rural N° 5, construyó el Aeródromo de Breu, en el año 1977, dotándola de una pista de aterrizaje de 900 metros de longitud por 23 metros de ancho y con un pavimento precario con superficie de rodaje a nivel de terreno natural (arcilla).

La Dirección General de Aeronáutica Civil, en concordancia a sus funciones, autorizó el funcionamiento del citado aeródromo mediante Resolución Directoral N° 0073-79-TC/iae del 12 de noviembre de 1979, en la cual se consigna como propietario al Estado y se encarga el mantenimiento a la Unidad Militar de Asentamiento Rural N° 5.

Desde su puesta de operación, el Aeródromo de Breu, ha venido prestando sus servicios de aterrizaje y despegue a las aeronaves ligeras (avionetas), permitiendo la integración de esta zona fronteriza del país, la misma que por el crecimiento considerable de la población, de 9.4% en el periodo ínter censal 1993-2005, y de su economía, ha incrementado sus necesidades de servicio de transporte aéreo.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), considerando el mal estado de conservación de la pista, efectuó en el año 1999 la Rehabilitación de la

Pista de Aterrizaje del Aeródromo de Breu, la misma que comprendió el mantenimiento de la pista de 900 m de largo por 23 m de ancho con un diseño típico de pavimento para la selva baja, a nivel de pasto natural colocado sobre una capa de arena-arcilla de 0.20 m de espesor.

Posteriormente a la rehabilitación de la pista, no se han efectuado ningún tipo de mejoras en la pista de aterrizaje del aeródromo. Así mismo los trabajos de mantenimiento no han sido los suficientes para mantener en condiciones adecuadas la superficie de rodaje de la pista, y con el correr del tiempo se han ido generando deficiencias operativas, por lo que en la actualidad, durante y después de los periodos de lluvias, se hace necesario suspender las operaciones aéreas, comprometiendo la regularidad y seguridad de las operaciones aéreas.

Mediante la Resolución de Secretaria de Descentralización N° 061-2009-PCM/SD, que aprueba el “Proceso de Transferencia de los Aeródromos Regionales y Locales a los Gobiernos Regionales y Locales”; el Ministerio de Transportes y Comunicaciones transfirió el Aeródromo de Breu a favor de la Municipalidad Distrital de Yurua, a fin que permita dar un permanente mantenimiento a ésta única vía de acceso, con mayor responsabilidad; ya que en años anteriores por la necesidad de trasladarse a la ciudad de Pucallpa y con el poco presupuesto con que cuentan han venido haciendo el mantenimiento limitado de la zona de aterrizaje.

#### **d. Situación actual del Aeródromo**

El Aeródromo de Breu cuenta con una pista de aterrizaje con números designadores 02/20 de 900 m de longitud por 23 m de ancho con un pavimento precario a nivel de pasto natural colocado sobre una capa de arena-arcilla de 0.20 m de espesor.

La prestación del servicio de transporte aéreo en el distrito de Yurua y en las localidades adyacentes de la provincia Atalaya es de vital importancia, considerando que es el único medio de transporte que lo vinculan con la ciudad de Pucallpa, ciudad principal y eje de la economía del departamento de Ucayali, y consecuentemente por esta zona es punto de

enlace en la frontera peruana-brasileña, tiene como fundamento, además de disminuir los efectos del aislamiento de la población asentadas en dichas localidades, es la de integrar y contribuir a la preservación de la soberanía del país.

De las evaluaciones realizadas en el año 2007, por el personal de la Dirección General de Aeronáutica Civil, se determinó que el aeródromo de Breu requiere de un mejoramiento integral, considerando que cuenta con un pavimento precario, que le hace vulnerable a las condiciones climatológicas de la zona, por lo que se encuentra en mal estado. Adicionalmente, por la actual ubicación de la pista de aterrizaje y/o despegue, esta no tiene posibilidades de ampliación debido a que se encuentra parcialmente rodeado por el río Yurua.

El actual aeródromo no garantiza, a los pobladores de la capital del distrito de Yurua y de las comunidades nativas que lo componen, una comunicación fluida con Pucallpa y otras localidades del departamento de Ucayali, así como el desarrollo progresivo y sostenido, no obstante los esfuerzos que se realizan y la existencia de planes y programas para su desarrollo social y productivo comprendidos por las instituciones públicas comprometidas en llevar el Desarrollo hasta esta parte del Perú fronterizo. El mejoramiento de la infraestructura aeroportuaria es de vital importancia para el desarrollo e intercambio comercial con las demás provincias del territorio nacional y con las localidades colindantes de la República de Brasil.



**e. Problemática**

El problema central que presenta el Aeródromo de Breu, que se tratara durante el desarrollo de la presente Tesis, es la inseguridad y limitadas condiciones de operatividad de la pista de aterrizaje del citado aeródromo para las aeronaves ligeras (avionetas), hasta con un peso máximo de 5,700 Kg.

El precario pavimento de la pista de aterrizaje y/o despegue del Aeródromo de Breu, a nivel de terreno mejorado (arcilla - arena) con pasto natural y sin ningún tipo de revestimiento, se encuentra deteriorado y representa un peligro potencial de ocurrencia de accidentes y/o incidentes de aviación.

Los vuelos que se realizan en el aeródromo están sujetos a las condiciones meteorológicas, y al estado de la pista que queda inoperativa después de una lluvia, por varias horas y hasta 2 días, particularmente al intensificarse las lluvias durante los meses de diciembre a mayo; acotándose, que en algunas oportunidades las aeronaves no pueden aterrizar en el aeródromo de Breu, como producto de las precipitaciones en la zona, teniendo que retornar a Pucallpa.



Se acota, que por las características de sinuosidad del curso del río Yurua no se puede operar con hidroaviones en dicha zona, quedando incomunicada la localidad de Yurua durante el periodo de lluvias.

El riesgo de accidentes durante los aterrizajes y despegue de las aeronaves en el aludido aeródromo, limita el desarrollo económico y social de esta zona fronteriza de la provincia de Atalaya.

Al no contar la pista de aterrizaje con un adecuado pavimento, existe el riesgo latente de pérdidas de vidas y pérdidas económicas. Los operadores aéreos tienen frecuentemente que suspender sus vuelos hacia dicho aeródromo, ocasionando la reducción del transporte aéreo y el aislamiento de la población de la zona fronteriza. Una mención especial merece el hecho de que al no contarse con material gravoso en la zona e inaccesibilidad de la zona para el traslado de equipo de envergadura se tenga que adoptar por un pavimento poco convencional.



Existe un riesgo potencial de la ocurrencia de accidentes de aviación durante las fases de aterrizajes y despegues en el aeródromo, por no contar con un pavimento adecuado y en buenas condiciones, lo cual genera la probabilidad de pérdidas de vidas humanas así como de daños económicos al operador aéreo y explotador de la infraestructura aeroportuaria.

La disminución de la demanda de pasajeros para el transporte aéreo y la limitada capacidad operativa de la pista de aterrizaje, trae como resultado la falta de vuelos comerciales con aeronaves ligeras y/o de tipo regional; asimismo, limita las operaciones aéreas para fines logísticos de la UMAR 5.

El peligro de accidentes aéreos generado por el estado de la pista traerá consigo el aumento de riesgo de pérdida de la vida humana.

El aeródromo de Breu requiere de un mejoramiento integral, para lo cual se plantea reorientar el eje de la pista de aterrizaje y/o despegue, a fin de permitir la ampliación futura de la pista y de la infraestructura aeroportuaria, dotándole de un adecuado pavimento con material de la zona, de tal forma que permita las operaciones de aeronaves de tipo Regional. Se acota, que durante el tiempo de operación del aeródromo, no se ha registrado impedimento de aterrizaje o despegues de las aeronaves usuarias ocasionadas por distribución y comportamiento de los vientos en la zona, debido a la predominancia de vientos calmos.

#### **f. Marco Teórico**

Frente a la problemática que presentaba el Aeródromo de Breu y en cumplimiento de las normas del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), elaboro durante el año 2007 el estudio de pre inversión a nivel de Perfil para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu, el mismo que consideraba la reorientación del eje de pista, para permitir ampliaciones de la pista e instalaciones conexas para atender las demandas futuras, y en dotar a la pista con un pavimento adecuado que no limite las operaciones aéreas ante la presencia de lluvias en la zona.

El desarrollo del presente Tema de Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, detalla, entre otros, la formulación de la Fase de Inversión del Proyecto Mejoramiento del Aeródromo de Breu, cuyo marco teórico se basa en el desarrollo de la Ingeniería de Aeródromos (emplazamiento de la pista, superficies limitadoras de obstáculos, condiciones climatológicas, diseño de los elementos del proyectado aeródromo, etc.), los que se

muestran en el Capítulo 2 Plan Maestro del Aeródromo y el Capítulo 4 Diseños del presente tema de Tesis, diseños que han tomado en cuenta la siguiente documentación técnica:

- Las “Normas y Métodos Recomendados“ contenidos en los Anexos Técnicos y Manuales de Diseño de Aeródromos de la Organización Aviación Civil Internacional (OACI).
- Manual de Planificación de Aeropuertos de la Internacional Air Transport Association (IATA).
- Especificaciones Técnicas y Circulares de Asesoramiento de Aeródromos de la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos de Norteamérica.



# 1. PLAN MAESTRO DEL AERÓDROMO

## 1.1 Concepto

El Anexo 14 – Aeródromos de las OACI define “Aeródromo, Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficie de aeronaves”.

El Plan Maestro de un Aeródromo (también llamado Plan Director) consiste en el estudio de planificación general para la totalidad del aeródromo y su entorno de influencia, precisando los parámetros fundamentales y el trazado integral que permitan aprovechar al máximo las posibilidades del emplazamiento elegido; acotándose, que la planificación tiene la finalidad de armonizar sus usos, prever y coordinar el crecimiento futuro del aeródromo, así como la descripción de las etapas de desarrollo.

Asimismo, se le define como el documento que establece el uso del suelo y las actuaciones, ordenadas cronológicamente, necesarias en un aeródromo para satisfacer la demanda futura prevista. Su presentación grafica es el Plan Director.

Se resalta que mediante la planificación del aeródromo se evalúa los factores que afecten al transporte aéreo u obstaculicen el desarrollo y el uso del aeródromo durante su vida útil, generalmente sobre un periodo de planeamiento de 20 años, este plan permite una mejor coordinación de transporte aéreo, terrestre inclusive marítimo, se tomaran inclusive las diversas consideraciones básicamente en los aspectos sociales, económicos, culturales e integración Nacional.

Elaborar el Plan Maestro de un Aeródromo es un proceso continuado. Debido al crecimiento y cambios en un aeródromo, se requieren actualizar el Plan Maestro original para documentar los cambios significativos en la política o en las necesidades de desarrollo, en tal sentido la Asociación de Transporte Aéreo

Internacional (IATA) recomienda que los Planes Maestros sean revisados cada cinco años.

A través de la preparación de un Plan Maestro, se puede establecer la justificación, alternativas revisadas, comentario público recibido, y un conjunto de políticas para el futuro, de modo que las decisiones subsiguientes para la utilización del terreno pueden ser comparadas con un plan establecido.

Sera de mucha importancia considerar principalmente los parámetros del espacio aéreo y ubicación del aeródromo, así mismo la demanda del transporte aéreo que se puede generar sobre todo en el impulso de la economía y turismo de la zona, que existe cerca al mejoramiento del aeródromo, siendo esta consideración buena, puesto que el citado mejoramiento es importante para la pronta recepción de aeronaves de tipo regional.

Es necesario resaltar que en los aeródromos, según las actividades que se realizan, la OACI la descomponen en dos partes y las define como:

Lado Aire (Parte Aeronáutica): es el área de un aeródromo destinada al movimiento de aeronaves así como los terrenos y edificios a ella adyacentes, o partes de estos cuyo acceso está controlado.

Lado Tierra (Parte Publica): es el área de una aeródromo y lo edificios en ella comprendidos a la que tiene libre acceso el público no viajero.

En ese orden de ideas se puede concluir que el Plan Maestro es el producto de una serie de estudios realizados por un equipo de especialistas involucrados en la ingeniería de aeródromos y temas afines, por lo que es lógico suponer que este capítulo del presente Tema de Tesis, que tiene fines académicos, procura dar los lineamientos para la elaboración de un proyecto aeroportuario, en base al análisis y procesamiento de información relacionada al área de estudio del proyecto Aeródromo de Breu.

## **1.2 Objetivos y Fases del Plan Maestro**

Para fines de planificación y considerando las características de los aviones para los que se destine la instalación del aeródromo, es necesario determinar una Clave de

Referencia de Aeródromo, de acuerdo a lo señalado en el Anexo 14 - Aeródromos - Volumen I de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

El propósito de la Clave de Referencia (número y letra de clave) *es proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeródromo.*

La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión.

El elemento 1 es un número basado en la longitud del campo de referencia del avión y el elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Una especificación determinada está relacionada con el más apropiado de los dos elementos de la clave o con una combinación apropiada de estos dos elementos. La letra o número de la clave dentro de un elemento seleccionado para fines del proyecto está relacionado con las características del avión crítico para el que se proporcione la instalación. Al aplicar las disposiciones del Anexo 14 - Aeródromos, Volumen I, se indican en primer lugar los aviones para los que se destine el aeródromo y después los dos elementos de la clave.

Los números y letras de clave de referencia de aeródromo tendrán los significados que se les asigna en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Clave de referencia de aeródromo  
(véanse 1.7.2 a 1.7.4)

Elementos 1 de la clave			Elementos 2 de la clave	
Núm. de clave (1)	Longitud de campo de referencia del avión (2)	Letra de clave (3)	Envergadura (4)	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal <sup>a</sup> (5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

## **Objetivos**

El Estudio de Ingeniería “Mejoramiento del Aeródromo de Breu” tiene como uno de los objetivos principales brindar de un adecuado Plan Maestro al aeródromo en estudio, de tal forma que se pueda desarrollar en forma armónica, racional y por etapas, de acuerdo con las pautas técnicas que se deriven del balance entre oferta y demanda, tanto presente como futuras, en un horizonte de 20 años.

El propósito básico de un Plan Maestro del Aeródromo es señalar un plan para el futuro desarrollo designado para así encontrar las necesidades proyectadas, las consideraciones políticas y ambientales. Sirve para evaluar los futuros propósitos del desarrollo contra la necesidad prevista.

Este objetivo primordial y general, implica el estudio y propuesta de soluciones sobre las características, limitaciones, afectaciones y problemas, así como potencialidad y expectativas, propias de este aeródromo, habilitado en 1977.

Una simple enumeración de tales aspectos y de los objetivos relativos a cada uno de ellos, se exponen seguidamente, con el objetivo siempre presente de mejoramiento integral del aeródromo:

**Objetivo 1:** Mantener la intangibilidad del transporte aéreo en la localidad de Breu. El transporte aéreo de personas o bienes en el distrito de Yurua, asume la importancia de lo indispensable e insustituible. Teniendo en cuenta que no existe medio de transporte terrestre y el transporte fluvial solo lo vincula con ciudades Brasileñas, por lo cual los negocios, la salud, la educación, el tiempo de viaje de personas, mercaderías de valor, o que requieren corto tiempo de transporte, etc. necesitan sin alternativas, del aeródromo, con la capacidad y la seguridad exigibles.

**Objetivo 2:** Reducir los perjuicios de la mala orientación de la pista de aterrizaje. La orientación de la pista actual es la menos aconsejable, dado que la prolongación de su eje, se encuentra limitado debido a que ambos umbrales de pista colindan con el río Yurua; acotándose, que las condiciones meteorológicas del lugar permiten cualquier

otra orientación de la pista. Esto supone una seria limitación para la ampliación de la pista de aterrizaje y/o despegue. El objetivo (de por sí suficiente) en este aspecto es posibilitar la ampliación de la pista de aterrizaje de tal forma que a corto o mediano plazo se pueda dar operaciones de aeronaves de tipo regional a fin de atender la demanda.

La solución inobjetable desde el punto de vista técnico y operacional, es construir una pista girada en 6° hacia el oeste respecto de la actual. La nueva pista puede extenderse y operarse, a mediano plazo, con aeronaves de tipo regional. Esta alternativa puede constituir un objetivo óptimo, a mediano o largo plazo.

**Objetivo 3:** Definir afectaciones y darles fuerza legal. El funcionamiento de un aeródromo, podría provocar una serie de afectaciones a la población contigua al predio aeroportuario, si no se toman las acciones preventivas. Este aspecto debe ser abordado adecuadamente, lo cual permitirá la erección de diversos obstáculos como antenas y construcciones por encima de las superficies limitadoras de obstáculos.

Con todo, las limitaciones por altura que se deben establecer, no son las únicas afectaciones posibles; hay otras importantes, tales como las de nivel de ruido, seguridad de servicio, restricciones internas para protección de ayudas a la aeronavegación, por el peligro aviario y para futuras ampliaciones. Todas las afectaciones implican restricciones y limitaciones, al uso del suelo afectado. Y de allí las legislaciones y los controles que se siguen y deben aplicarse.

### **Fases del Plan Maestro (Plan de Configuración del Aeródromo)**

Descripción de la Propuesta:

a) Pista 02 / 20 y 01/ 19

a.1 Capacidad de la Pista

La actual pista con números designadores 02-20 (pista 02-20) del Aeródromo de Breu está implantada en la selva baja al noreste del país, a 244 m de elevación, aspecto por el cual puede operar por ambos umbrales de pista. La propuesta de

mejoramiento que permita ampliar la pista para la operación de aeronaves de tipo regional, conlleva a reorientar el eje de la pista actual en 6° hacia el lado oeste, obteniéndose la nueva pista 01-19, proponiéndose la clausura de la pista 02-20, al culminar el mejoramiento del aeródromo.

Dada la localización del aeródromo se hace comprensible que las superficies limitadoras de obstáculos (SLO) se encuentren libre de obstáculos: sin embargo, hay que rozar los árboles que se ubican en el área de influencia de las SLO y llevar un control de estos a fin de que no la perforen.

En estas condiciones la capacidad de la proyectada pista 01-19 está condicionada por la capacidad de la infraestructura y no del espacio aéreo, teniendo en cuenta:

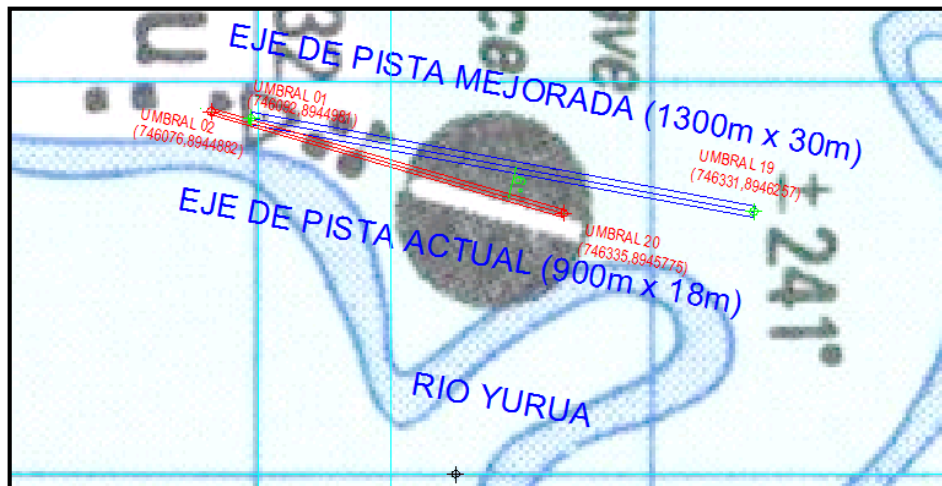
- El régimen de vientos es de predominancia calmos.
- El aeródromo no dispone de radio-ayudas, y por lo tanto las operaciones son estrictamente visuales y diurnas
- La capacidad ponderada de la pista 01-19 depende, así, de la frecuencia de la ocurrencia de las condiciones meteorológicas.
- No hay registros de la ocurrencia de condiciones de visibilidad reducida o de efectos de nubes bajas.

Hay aún otras circunstancias a tener presente en este análisis:

- El aeródromo no es controlado, por lo cual no cuenta de Servicio de Información de Vuelo de Aeródromo (AFIS).
- Como tal no hay procedimientos mínimos operacionales publicados en la Publicación Aeronáutica del Perú (AIP).

Sin embargo teniendo en cuenta que el número de operaciones (aterrizajes y despegues) proyectada al año 2028 es de 850, es decir aproximadamente 3 operaciones por día, la capacidad teórica de la pista (15 movimientos por hora) no se verá en ningún momento afectada, por lo cual se hace innecesario

programar mejoramiento susceptible de incrementar la capacidad de la pista 01-19.



#### a.2 Longitud de Pista

La longitud de pista de aterrizaje requerida depende de varias variables, tales como los tipos de aviones que operan en el aeródromo, la elevación del aeródromo, la temperatura de referencia y la pendiente de la pista.

Según el Anexo 14 – Aeródromos de OACI, la elevación de un aeródromo es el punto más alto del área de aterrizaje, expresada en metros sobre el nivel del mar, por lo cual considerando la información obtenida como producto de los trabajos topográficos y al diseño geométrico proyectado de la pista, al Aeródromo de Breu le corresponde la elevación de 244 metros (801 pies) sobre el nivel del mar.

Asimismo, el Anexo 14 define a la Temperatura de Referencia del Aeródromo (TRA) como la media mensual de las temperaturas máximas diarias correspondientes al mes más caluroso del año, por lo cual considerando lo señalado en el capítulo de Condiciones Meteorológicas del presente estudio, al no existir registros de

temperatura históricos en el área en estudio, se asumió para el Aeródromo de Breu la TRA de 32.1°C, que corresponde al aeropuerto de Pucallpa, considerando las condiciones similares de elevación y aspectos climáticos.

Un aeródromo debe ser capaz de acomodar los aviones que volaran regularmente allá sin mayores limitaciones en la carga útil que pueden llevar, de acuerdo a lo señalado en el Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. 9157) Parte 1 – Pistas<sup>1</sup> de la OACI.

El presente estudio considera para el análisis de la demanda en una primera etapa atender las operaciones de aeronaves ligeras tipo Twin Otter y similares con un peso máximo de hasta 5700 kg y en el máximo desarrollo del aeródromo atender las operaciones de aeronaves regionales como el Metro III, Antonov y similares.

Teniendo en cuenta que la pista actual tiene 900 m de longitud, por lo cual efectuando las correcciones para las condiciones locales de elevación, temperatura y pendiente, de acuerdo a lo señalado en el Anexo 14, resulta en cerca de 695 m de longitud útil. El aeródromo tiene, por lo tanto, la Clave de Referencia 1 de la OACI.

Mediante la metodología de la OACI se ha efectuado el cálculo de la longitud de pista de aterrizaje necesaria para la operación del avión crítico Twin Otter, a la carga máxima, tomando en cuenta los parámetros de las condiciones locales de elevación, temperatura de referencia y pendiente de la pista, obteniéndose que se requiera de 872 m de longitud. Asimismo, teniendo en cuenta las características del avión Twin Otter, le corresponde una Clave de Referencia de Aeródromo 1 B.

De igual modo por esta metodología se verificó que:

- El Antonov para operar con carga máxima requiere una longitud de pista de 2,000 m;
- Mientras que el Metro III operara a la carga máxima con una longitud de pista de 1260 m.

---

<sup>1</sup> Manual de Diseño de Aeródromos (Doc 9157) Parte 1 – Pistas, 3ª Edición, OACI, Montreal, Canadá, 2006



Aeródromo	Elev. (msnm)	T.R.A. (°C)	Aeronave	Clave Referencia	Longitud Campo de Referencia del Avión (m)	Longitud de Pista Corregida por Elevación (m)	Longitud de Pista Corregida por Elevación y Temperatura (m)	Longitud de Pista Corregida por Elevación, Temperatura y Pendiente (m)	Longitud de Pista	Dimen. (metros)
Primera Etapa	244	32.1	Twin Otter	1 B	695	735	872	872	872	900 * 18
Segunda Etapa	244	32.1	Metro III	2 B	1,000	1,254	1,255	1,255	1,255	1260 * 23
	244	32.1	Antonov	3 C	1,600	1,691	2,007	2,008	2,008	2000 * 30

Para fines del presente estudio el avión crítico de la previsión de tráfico corresponde al Twin Otter<sup>2</sup>, a plazo puede venir y justificarse la oferta de una infraestructura preparada para la operación de aeronaves regionales como el Metro III, Antonov<sup>3</sup> y similares.

Para eso la pista reorientada 01-19, que permita a futuro la ampliación de la pista, *en una primera etapa deberá contar con 900 m de longitud*. Esa dimensión corresponde a la longitud efectiva de 695 m que aún se encuadra en la clave 1 de la OACI.

Se verifico que la longitud de la actual pista de aterrizaje y despegue de 900 m acomoda la flota de aeronaves ligeras (avionetas) que vienen operando en el aeródromo sin ninguna penalidad en la carga útil.

A fin de optimizar los aspectos operativos y teniendo en cuenta la ruta Pucallpa – Breu, así como un menor monto de inversión inicial, en una primera etapa la ubicación de la pista de 900 m de longitud se ubicara entre las progresivas Km 0+200 y Km 1+100, tomando como base el levantamiento topográfico realizado el año 2007.

Para la primera fase del proyecto el avión crítico de la previsión de tráfico corresponde al Twin Otter<sup>4</sup>, aeronave que es de común uso militar para brindar los vuelos de apoyo social a la zona de frontera y que el Estado viene adquiriendo en el presente año, cuyas características se presenta:

<sup>2</sup> Se trata de una aeronave de código 1B, con capacidad unitaria de transporte de 18 a 20 lugares, con "performance" STOL.

<sup>3</sup> Se trata de una aeronave de código 3C, con capacidad unitaria de transporte de 50 a 60 lugares, con "performance" STOL.

<sup>4</sup> Se trata de una aeronave de código 1B, con capacidad unitaria de transporte de 18 a 20 lugares, con "performance" STOL.

#### DE HAVILAN CANADA DHC-6 TWIN OTTER

Numero Asientos	Peso Máximo Despegue	Peso Máximo Aterrizaje	Envergadura A (m)	Longitud Total B (m)	Altura Total C (m)
21	12,500 Lbs. 5,688 Kg.	12,500 Lbs. 5,688 Kg.	65 pies 19.81 m	51.9 pies 15.77 m	18.7 pies 5.71 m

Para la aviación general la aeronave Cessna Citation, que es una aeronave de negocio propulsadas por motores turbofan, es equivalente al Twin Otter por sus características geométricas con peso reducido, la cual presenta las siguientes características:

#### CESSNA CITATION II

Numero Asientos	Peso Máximo Despegue	Peso Máximo Aterrizaje	Envergadura A (m)	Longitud Total B (m)	Altura Total C (m)
9	15,100 Lbs. 6,849 Kg.	14,400 Lbs. 6,532 Kg.	52.2 pies 15.90 m	47.2 pies 14.38 m	15 pies 4.57 m

Para el máximo desarrollo del Aeródromo se prevé contar con una pista de 1300 m de largo por 30 m de ancho, de tal forma de viabilizar la operación de aeronaves de tipo regional con clave de referencia 3C, restringido de peso por longitud de pista. La ubicación de la pista se ubicara entre las progresivas Km 0+000 y Km 1+300.

#### b) Calle de Salida

El aeródromo no tendría una calle de rodaje paralela debido a que la demanda proyectada no lo justifica, de acuerdo al Manual de Planificación de Aeródromos – Parte 1 – Planificación General<sup>5</sup>, por lo cual solo tendrá una calle conector o de salida que unirá la pista con la plataforma de estacionamiento de aeronaves.

La calle salida, que será perpendicular a la pista, que accede a la plataforma de estacionamiento de aeronaves se sitúa en la progresiva Km 0+760, a una distancia de 560 m del umbral de pista 01 y a 340 m del umbral de pista 19. Esta calle de rodaje servirá apenas para salidas de aeronaves ligeras.

---

<sup>5</sup> Manual de Planificación de Aeródromos (Doc. 9184), Parte 1 – Planificación General, 2ª Edición, OACI, Montreal, Canadá, 1987

La calle de salida debiera tener una longitud de acuerdo al máximo desarrollo del aeródromo y un ancho de:

- Primera Etapa: 10.50 m de ancho.
- Máximo Desarrollo: 15.00 m

c) Plataforma de estacionamiento de aviones

Para dimensionar el tamaño de la plataforma de estacionamiento para aviones, se ha considerado el número de posiciones para parqueo de aviones, los tamaños de las aeronaves y sus maniobras para entrar y salir del área de rampa. Se anticipa que los aviones que operaran en esta primera etapa serían aeronaves ligeras (de hasta 18 pasajeros) y para el máximo desarrollo aeronaves de tipo regional (aproximadamente 55 pasajeros).

En la configuración propuesta, el dimensionamiento de los stands de código A/B y C adoptó los siguientes standards:

- Twin Otter o similar, Metro III y Antonov o similar.
- Separación lateral al borde de la plataforma 3m y 4.5m.

La actividad de la hora pico ayuda a estimar el número de posiciones requeridas. De acuerdo a las proyecciones de demanda se estima que se podría dar alrededor de 2 operaciones aéreas en la hora pico durante del período de evaluación. Con base a este estimado se está considerando 2 puestos de estacionamiento de aeronaves, de acuerdo a la aeronave de diseño para cada etapa, obteniéndose una plataforma con las siguientes dimensiones:

- Primera Etapa: 53 m por 40 m.
- Máximo Desarrollo: 80 m por 60 m.

Para la primera etapa se está considerando una posición de estacionamiento adicional para aeronaves ligeras ante la eventualidad de una falla o mantenimiento de aeronave en plataforma de estacionamiento.

d) Equipos de ayuda visual y de ayuda a la navegación aérea

El aeródromo de Breu es una instalación exclusivamente diurna y deberá contar en un corto plazo con un sistema visual de indicadores de pendiente de aproximación tipo PAPI para las pistas 01 y 19.

Las señales de la pista y de las otras instalaciones del lado aéreo serán para una pista visual y cumplirán con las necesidades futuras. Se deberá prever el implementar una estación meteorológica y una oficina de servicio de información aeronáutica (AIS) que facilite la operación de aeronaves que pasan por el área.

Asimismo, se deberá implementar una torre de control de tráfico aéreo (ATCT). El cual deberá tener una buena visión de todo el campo aéreo y los equipos de comunicación operen adecuadamente. La torre es el centro que controla las operaciones dentro del espacio aéreo designado para el aeródromo. Para la ubicación de la ATCT se ha seguido los lineamientos recomendados por la FAA ya que la OACI no suministra criterios específicos adonde ubicar la torre. La FAA establece reglas generales en su documento *Airport Traffic Control Tower Siting Criteria*<sup>6</sup> para la ubicación y la elevación adecuadas de una ATCT.

La TWR deberá está localizado en las inmediaciones del terminal y, dada la inclinación y la longitud de la pista, fácilmente tendrá buenas líneas de vista para todo el aeródromo. Esta conclusión se apoya en la determinación de la altura mínima de la TWR para que la visibilidad para cualquier punto de la pista no resultara excesivamente rasante.

Pero en todo el caso la verificación de la localización propuesta para la TWR resultó en la caracterización de una construcción de 3 pisos de altura.

---

<sup>6</sup> Orden 6480.4 de la FAA, *Airport Traffic Control Tower Siting Criteria*, 10 de noviembre, 1972 (Reimpreso en Marzo, 1987), Washington D.C.

e) Instalaciones de la Terminal de Pasajeros

Considerando que el aeródromo de Breu es de características relativamente pequeño, para estimar las áreas requeridas en el Terminal de Pasajeros para acomodar la futura demanda de pasajeros normalmente se utiliza como referencia la Circular de la Administración Federal de Aviación (FAA) Advisory Circular 150/ 5360-9, *Planning and Design of Airport Terminal Facilities at Nonhub Locations*<sup>7</sup>.

En el caso del aeródromo de Breu se estima que el número de pasajeros que utilizarán el terminal en la hora pico sería aproximadamente 36, en tal situación se podría utilizar un concepto de terminal similar al que la CORPAC S.A. construyó en el Aeródromo de Yurimaguas, el cual tiene una capacidad aproximada de 50 pasajeros, por lo cual acomodaría sin ningún problema la demanda futura. El Terminal de Yurimaguas tiene aproximadamente 400 m<sup>2</sup> de área con un hall principal de 280 m<sup>2</sup> y tres counters. La terminal se podría construir por etapas, probablemente en dos, para acomodar los niveles de demanda y así optimizar el uso de recursos en el aeródromo.

Es importante notar que los pasajeros típicos de la hora pico (TPHP) son los que ayudan a definir los requisitos de instalaciones de una terminal de pasajeros. Las cifras estimadas en este análisis proporcionan las áreas mínimas para acomodar la demanda. El tamaño de las instalaciones dependerá del concepto de diseño escogido para el edificio terminal.

Los pasajeros de la hora punta incluyen los que abordan como los que desembarcan de los vuelos. También se considera el número de visitantes (si es que hay) que llegan a despedir o recibir a los pasajeros.

Las proyecciones de la hora pico de pasajeros están incluidas en la sección de pronósticos de demanda. El tráfico de pasajeros abordados fue usado para estimar los requisitos de las instalaciones de la terminal relacionados con la salida de los pasajeros, incluyendo el área donde se hace fila para el registro de vuelos, oficinas de líneas aéreas para el chequeo de vuelos y equipaje saliente, inspección de seguridad y

---

<sup>7</sup> Advisory Circular 150/ 5360-9, *Planning and Design of Terminal Facilities at Nonhub Locations*, United States Federal Aviation Facilities, Washington DC, Abril de 1980

salas de embarque. La combinación de los pasajeros abordados y desembarcados se usa para estimar el área de espera (área pública donde puede estar la gente que llega a despedirse o a recibir a los viajeros) como también áreas comerciales.

f) Instalaciones de Carga

Por el tipo de actividad, el aeródromo en una primera etapa no se anticipa instalaciones de carga.

g) Instalaciones de Apoyo

Estas actividades de apoyo deben incluir la administración y el mantenimiento del aeródromo, instalaciones de apoyo a las aerolíneas, áreas para el almacenamiento de combustible entre otras.

h) Administración aeroportuaria

Se podría ubicar las oficinas administrativas en el terminal de pasajeros o podrían estar ubicadas en otras áreas construidas para ese propósito.

### Salvamento y Extinción de Incendios

Para estimar los requerimientos de salvamento y extinción de incendios (SEI), la OACI usa un procedimiento de categorización basado en la aeronave de mayor tamaño que vuela normalmente al aeródromo. En el caso de Breu, se espera que los aviones más grandes sean modelos similares al Cessna 2008B Grand Caravan, el Beechcraft King Air CG90T y Fairchild SA 227 – AC (Metro III), los cuales para efectos de emergencias son considerados como aeronaves Categoría 2.

Para un aeródromo de categoría 2, la OACI recomienda un vehículo de bomberos. La estación de SEI deberá estar ubicada en un sitio central para que puedan responder las emergencias en diferentes sitios del lado aéreo lo más pronto posible.

j) Área de Almacenamiento de Combustible para Avión

Se recomienda a futuro la instalación de una zona para el almacenamiento y abastecimiento de combustible para facilitar el suministro a los aviones que brindaran las operaciones aéreas en la zona.

k) Servicios Públicos

Los servicios públicos son una parte intrínseca de la operación normal del aeródromo. Entre ellos se debe tener en cuenta:

- Suministro de agua
- Tratamiento de aguas residuales
- Desechos sólidos
- Electricidad

l) Seguridad

Es usual instalar una malla de por lo menos 2.0 m de altura alrededor de toda la propiedad con unas hileras de alambres de púas por encima proyectándose hacia fuera a un ángulo de 45° para así evitar que puedan entrar intrusos a áreas restringidas del aeródromo; sin embargo, considerando que esto puede generar un costo elevado, por lo inaccesible de la zona, se recomienda en una primera etapa utilizar cerco de alambre de púas con postes de madera con material de la zona. Se debe proteger el cerco para que no se lleven segmentos.

m) Requisitos de Terrenos

Se recomienda adquirir los terrenos necesarios para asegurar el máximo desarrollo del aeródromo, siendo esta área estimada de 23.38 hectáreas.

Es muy importante que se implemente regulaciones sobre el desarrollo que puede haber alrededor del aeródromo para así evitar que haya construcciones que afecten negativamente la actividad del aeródromo de Breu.

### 1.3 Inventario del Aeródromo

El Aeródromo de Breu se encuentra ubicado en la margen izquierda del río Yurua, a 0.50 km al sur-este del centro poblado de la localidad de Breu en el distrito de Yurua, provincia Atalaya y departamento de Ucayali, en la zona de frontera nor-este del país por donde limita con la República de Brasil.

La infraestructura aeroportuaria se encuentra en mal estado de conservación, debido al precario pavimento, condiciones climáticas de la zona y al escaso mantenimiento de la pista, considerando a la falta de presencia de un explotador del aeródromo.

Se pretende mejorar las condiciones del aeródromo, identificando las necesidades y deficiencias del aeródromo para así poder realizar las intervenciones necesarias y cumplir con los estándares establecidos por la OACI.

El funcionamiento del Aeródromo de Breu fue autorizado por la Dirección General de Aeronáutica Civil mediante Resolución Directoral N° 065-2000-MTC/15.16 del 02 de marzo de 2000, en la cual se encarga la administración, operación, equipamiento y conservación del aeródromo a la Corporación Peruana de Aeródromos y Aviación Comercial - CORPAC S.A., con las características que se indican a continuación:

- Aeronave crítica : Aeronaves ligeras con un peso máximo de hasta 5700 kg.
- Clave de Referencia : 1 B
- Procedimientos Operacionales: Visuales (pistas 02 y 20)
- Coordenadas Geográficas : 72° 45' 26" W, 09° 32' 02" S
- Dimensiones de la Pista : 900 m. por 23 m.
- Franja de Pista : 950 m. por 80 m.
- Elevación : 656 pies (200 m.s.n.m.)
- Orientación de la pista : 15° / 195°
- Pista de Aterrizaje : 02 y 20 (ambos umbrales)



- Pista de Despegue : 02 y 20 (ambos umbrales)
- Superficie de Rodadura : Pasto natural de la zona, colocado sobre una sub-base (arcilla-arenosa) de 0.20 m. de espesor.
- Pendiente Long. Efectiva : 0.081%
- Pendiente Transversal : 1.5% a ambos lados del eje.
- Calle de salida : No dispone
- Plataforma estacionamiento de aviones: No dispone.
- Propietario : CORPAC S.A.
- Ayudas a la Navegación Aérea: No dispone
- Descripción de alrededores: El aeródromo cuenta con aproximaciones libres de obstáculos por ambas cabeceras de pista.

## **1.4 Análisis de la Demanda**

El presente Plan Maestro para el desarrollo del presente capítulo ha tomado en cuenta el análisis de demanda/ capacidad que han sido determinados en el estudio de pre inversión a nivel de Perfil Mejoramiento del Aeródromo de Breu (Código SNIP 73854), con el cual se obtuvo la viabilidad del proyecto y se muestra de manera resumida:

### a) HORIZONTE DEL PROYECTO

El horizonte del proyecto considerado es de 20 años, de acuerdo a la vida útil estimada de los pavimentos según documentos técnicos de la OACI, periodo de tiempo suficiente que permitió comprobar el comportamiento del flujo de costos y beneficios, cuya sostenibilidad para alcanzar la vida útil proyectada, estará condicionada a los trabajos de mantenimiento preventivo y periódico del pavimento de las pistas.

### b) ANALISIS DE DEMANDA

#### b1) CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SERVICIO

La demanda de tráfico aéreo del Aeródromo de Breu fue analizado tomando en cuenta el movimiento de aeronaves del servicio no regular, chárter y cívico, el cual comprende:

Movimiento de pasajeros doméstico (entrada y salida).

Operación de aeronaves (entrada y salida),

Movimiento de carga doméstica (embarque y desembarque),

## b2) DEMANDA ACTUAL

### Servicio No Regular Comercial

El movimiento registrado en el Aeródromo de Breu corresponde principalmente a vuelos con origen en Pucallpa, en avionetas de 4 empresas que operan en la zona, cuyo detalle de servicio se presenta en el cuadro adjunto:

**CONDICIONES ACTUALES DEL SERVICIO AEREO EN LA ZONA**

Empresa	North American S.A.C.	Aero Andino S.A.	Aero Montaña S.A	Aero Negocios S.A	Total
Aeronave	Cessna Caravan	Pilatos Porter PC 6	Cessna 172	Cessna 206	
Capacidad carga	1100 Kg.	800 Kg.	350 Kg.		
Pasajeros	12 pasajeros	9 pasajeros	3 pasajeros	5 pasajeros	
Tiempo de vuelo	50 minutos	55 minutos			
Costo	\$ 1700	\$ 1400	\$ 765		
Vuelos al mes	de 8 a 10 veces	de 8 a 10 veces	de 3 a 5 vuelos	de 3 a 5 vuelos	26
Carga al mes	700	600	300	500	2100
Pasajeros al mes	108	81	12	20	221

Fuente: Elaboración en base a entrevistas a empresas

Los vuelos son programados de manera no regular, dependiendo de la demanda de pasajeros y carga y sujetos a las condiciones climáticas. Los principales demandantes del transporte aéreo hacia zona de Breu son: La Municipalidad distrital de Yurúa, La empresa maderera Forestal Venado, Fondo de Conservación de animales, Defensoría del Pueblo, Agencia de

viajes WWF, Organizaciones de ONG, Ejército Peruano, Policía Nacional, Ministerio de Salud, Comerciantes de víveres y otros.

La Serie histórica de la demanda de operaciones, pasajeros y carga del servicio No Regular Comercial en el Aeródromo de Breu para el período comprendido entre 1996 y 1999, fue proporcionada por la Dirección General de Aeronáutica Civil. La demanda de los años siguientes fue estimado con base en la información para el 2007 obtenida directamente presentada en el cuadro anterior, considerando datos conservadores de los movimientos reportados por las empresas. La evolución histórica de la demanda se muestra en el cuadro adjunto:

## **DEMANDA DE OPERACIONES, PASAJEROS Y CARGA**

### **SERVICIO NO REGULAR COMERCIAL - AERODROMO DE BREU**

<b>AÑOS</b>	<b>OPERACION ES (E/S)</b>	<b>PASAJERO S (E/S)</b>	<b>CARGA (KG) (E/S)</b>
1996	9	42	0
1997	31	99	150
1998	40	117	550
1999	56	157	900
2000*	68	217	1338
2001*	83	299	1989
2002*	100	413	2957
2003*	122	571	4397
2004*	148	788	6537
2005*	179	1089	9718
2006*	218	1503	14448
2007	264	2076	21480

Fuente: DGAC y Entrevistas

\*Estimada

La serie histórica del servicio No Regular Comercial (1999-2007) del movimiento de aeronaves, pasajeros y carga, indica una significativa tendencia creciente, a pesar de las indicadas deficiencias en la actual pista de aterrizaje.

Las tasas de crecimiento anual en el período 1999-2007 son:

Operaciones : 21.4%

Pasajeros : 38.1%

Carga : 48.7%

### **b3) PROYECCIONES DE LA DEMANDA**

Para el dimensionamiento óptimo de las instalaciones aeroportuarias y definir los requerimientos de las obras a ejecutar y los montos de inversión, se estableció los pronósticos de la demanda del tráfico aéreo, expresado en el movimiento de pasajeros, aeronaves y carga, sobre la base de la demanda existente y las perspectivas de desarrollo de la zona de estudio.

El comportamiento de la demanda del tráfico aéreo está influenciado por diferentes variables económicas y sociales, que dependen de la implementación de políticas de inversiones multisectoriales que a priori son difíciles de determinar sus alcances o implicancias en su desarrollo; sin embargo, para los propósitos de este estudio, en particular para estimar la demanda, se ha tomado en cuenta diferentes aspectos que de una u otra manera inciden en su crecimiento:

(i) Tendencias históricas: el movimiento tanto de pasajeros, aeronaves como carga en el Aeródromo de Breu, ha mostrado una tendencia creciente, la cual se ha incrementado en los últimos años a pesar de las malas condiciones que presenta el aeródromo. Esto es explicable por el alto crecimiento demográfico de la zona.

(ii) Perspectivas de desarrollo regional: Las perspectivas de desarrollo regional se halla sustentado en la explotación racional de los recursos potenciales que posee el departamento en los diferentes sectores: agroindustria, pesca, forestal, turismo, comercio, etc.

El Transporte aéreo aun no alcanza el desarrollo esperado para interconectar eficientemente la Región Amazónica en tiempo y costo. Este servicio resulta oneroso para la mayoría de la población amazónica, además que solo lo puede conectar con algunas ciudades de la región y la capital del país, por la falta de infraestructura. Existe el transporte aéreo de alquiler desde el Aeródromo de Pucallpa, que es aun de mayor costo, aproximadamente U.S \$. 300.00 por hora de vuelo.

### **b3.1) Proyección de la demanda de Pasajeros**

i) Tráfico Normal de Pasajeros

La proyección de demanda de pasajeros del citado aeródromo se ha realizado sobre la base de la información histórica anteriormente presentada, relacionada con el movimiento de operaciones, pasajeros y carga; así como de la tendencia de crecimiento de la población del área directa del aeródromo.

Para la proyección del tráfico de pasajeros, aunque la tendencia histórica de los últimos años ha presentado una tasa superior a 40%, se ha considerado que esta tendencia alta se explica por los pequeños volúmenes históricos, y que no podría mantenerse en el futuro. Para los próximos años se ha considerado una tasa de crecimiento de 10.9% que resulta de la aplicación de la tasa promedio de crecimiento intercensal (1993/2005) de la población del distrito de Yurúa (9.4%) y del departamento de Ucayali (7.4%), y la elasticidad Demanda - Ingreso de 1.3, cifra recomendada por la OACI en el Manual de Previsión del Tráfico Aéreo, Doc. 8991 - AT/722/2.

La tasa de 10.9% se aplico para proyectar la demanda total de pasajeros para el período del 2008 al 2018. Considerando que la implementación del proyecto permitirá el establecimiento del servicio comercial regular en la zona. El estudio estimó que a partir del año 2009, el 80% de los pasajeros se acogerá a dicho

servicio, quedando un 20% de los pasajeros como usuarios del servicio no regular comercial.

Considerando que las altas tasas de crecimiento poblacional se atenuarán a futuro, en el estudio de Pre inversión se estimó que el crecimiento del movimiento de pasajeros se reduciría a una tasa anual de 5.4%, con la cual se proyectó el movimiento para el periodo del 2019 al 2028.

Las proyecciones correspondientes se presentan en el en el Cuadro adjunto.

#### DEMANDA PROYECTADA DE TRÁFICO NORMAL DE PASAJEROS

AÑOS	PASAJEROS (E/S)		TOTAL
	Regular Comercial	No regular Comercial	
2007		2076	2076
2008		2302	2302
2009	2043	511	2553
2010	2265	566	2832
2011	2512	628	3140
2012	2786	696	3482
2013	3090	772	3862
2014	3426	857	4283
2015	3800	950	4750
2016	4214	1054	5268
2017	4673	1168	5842
2018	5183	1296	6478
2019	5463	1366	6828
2020	5758	1439	7197
2021	6069	1517	7586
2022	6396	1599	7995
2023	6742	1685	8427
2024	7106	1776	8882
2025	7489	1872	9362
2026	7894	1973	9867
2027	8320	2080	10400
2028	8769	2192	10962

Elaboración: El Consultor

ii) Tráfico Generado de Pasajeros

Con la ejecución del proyecto, el estudio esperaba la aparición de nuevos viajes a partir del año 2008, en vista que el proyecto de mejoramiento del aeródromo de Breu tienen características de acceso principal hacia la zona de influencia (zona estratégica de frontera), lo cual posibilitará el desarrollo adicional de actividades económicas y por consiguiente el aumento de viajes de personas. Este aumento de viajes se estima en un 20% del movimiento de pasajeros que se registra actualmente, porcentaje moderado si comparamos con los resultados de las evaluaciones ex - post de proyectos viales en zona de selva donde se ha observado un impacto de generación de tráfico de pasajeros hasta en un 50 %.

En el Cuadro adjunto, se presenta la proyección del movimiento generado de pasajeros en el Aeródromo de Breu para el período 2008/2028.

#### DEMANDA PROYECTADA DE TRÁFICO

#### GENERADO DE PASAJEROS

AÑOS	PASAJEROS
	Regular Comercial Generado
2009	511
2010	566
2011	628
2012	696
2013	772
2014	857
2015	950
2016	1054
2017	1168
2018	1296
2019	1366
2020	1439
2021	1517
2022	1599
2023	1685
2024	1776
2025	1872
2026	1973
2027	2080
2028	2192

iii) Tráfico Desviado de Pasajeros

El tráfico desviado de pasajeros se refiere a la posibilidad de desviar el flujo de pasajeros que utiliza otras rutas o modos de transporte, al implementarse el proyecto en estudio. En el presente caso, según se ha explicado anteriormente, el modo alternativo para acceder a la zona de Breu es altamente complicado, peligroso y costoso pues consideran el acceso por vía fluvial y luego por trochas maderables incompletas, por lo cual prácticamente no se utiliza. Por consiguiente no se tiene un tráfico susceptible de ser desviado.

iv) Tráfico Total de Pasajeros

El movimiento total de pasajeros es el resultado de la suma del movimiento normal, generado y desviado de pasajeros, como se muestra en el siguiente Cuadro:

PROYECCION DE TRÁFICO TOTAL DE PASAJEROS

AÑOS	PASAJEROS (E/S)				
	Regular Comercial	No regular Comercial	TOTAL NORMAL	TOTALGENERADO	TOTAL PASAJEROS
2007		2076	2076		2076
2008		2302	2302		2302
2009	2043	511	2553	511	3064
2010	2265	566	2832	566	3398
2011	2512	628	3140	628	3768
2012	2786	696	3482	696	4179
2013	3090	772	3862	772	4634
2014	3426	857	4283	857	5140
2015	3800	950	4750	950	5700
2016	4214	1054	5268	1054	6321
2017	4673	1168	5842	1168	7010
2018	5183	1296	6478	1296	7774
2019	5463	1366	6828	1366	8194
2020	5758	1439	7197	1439	8636
2021	6069	1517	7586	1517	9103
2022	6396	1599	7995	1599	9594
2023	6742	1685	8427	1685	10113
2024	7106	1776	8882	1776	10659
2025	7489	1872	9362	1872	11234
2026	7894	1973	9867	1973	11841
2027	8320	2080	10400	2080	12480
2028	8769	2192	10962	2192	13154

Elaboración: El Consultor

b3.2) Proyección de la demanda de Aeronaves

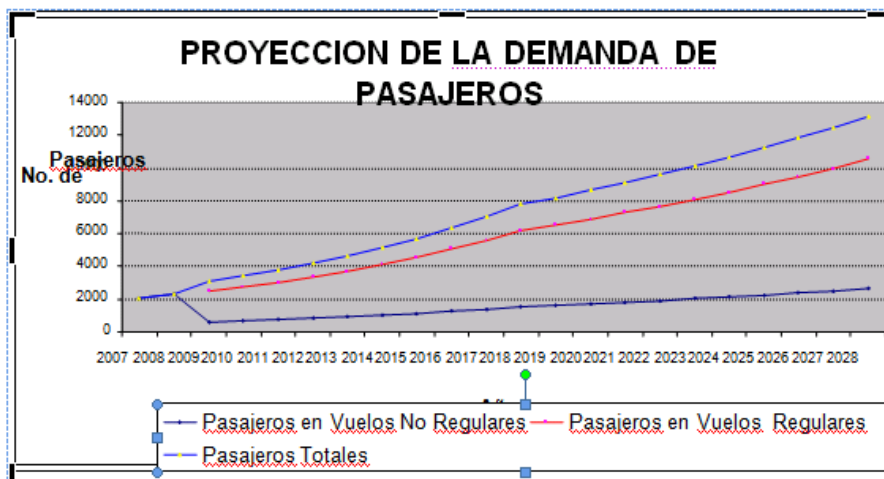
Para la proyección del tráfico de aeronaves, se han considerado dos tipos de servicios: líneas aéreas comerciales de servicio regular, y líneas de servicio no regular.



- En el área de influencia del aeródromo, según información presentada en el cuadro de Condiciones Actuales del Servicio, se movilizan un promedio de 7.9 pasajeros en cada operación (E/S) y las operaciones son del orden de 22 mensuales en servicio no regular, con origen o destino a la ciudad de Pucallpa.
- En el servicio no regular se asume que continuará el servicio de aeronaves que actualmente están operando, como Cessna y Pilatos Porter, manteniéndose el promedio de pasajeros por vuelo en 7.9. De acuerdo a la proyección de los pasajeros en vuelos no comerciales anteriormente presentada, se estima el número de vuelos en este tipo de servicio, cuyas proyecciones se presentan en el Cuadro Demanda Proyectada de Aeronaves.
- En el servicio regular, se asume la incorporación de aeronaves tipo TWIN OTTER; cuya capacidad es de 18 pasajeros, con una capacidad utilizada variable entre 70 y 92%, determinándose la frecuencia semanal y el número de vuelos anuales que se presentan en el Cuadro Frecuencia y Utilización en Vuelos Comerciales Regulares.

En el Cuadro Demanda Proyectada de Aeronaves, se presenta la proyección del movimiento de aeronaves en el Aeródromo de Breu para el período 2008/2028.

**GRAFICO No. 1**



Cuadro

Frecuencia y Utilización en Vuelos Comerciales Regulares

AÑOS	VUELOS REGULARES			
	FRECUE NCIA	No.VUE LOS	CAPAC.T OTAL	UTILIZAC
2007				
2008				
2009	3v/sem	156	2808	72.7%
2010	3v/sem	156	2808	80.7%
2011	3v/sem	156	2808	89.5%
2012	4v/sem	208	3744	74.4%
2013	4v/sem	208	3744	82.5%
2014	4v/sem	208	3744	91.5%
2015	5v/sem	260	4680	81.2%
2016	5v/sem	260	4680	90.0%
2017	6v/sem	312	5616	83.2%
2018	7v/sem	364	6552	79.1%
2019	7v/sem	364	6552	83.4%
2020	7v/sem	364	6552	87.9%
2021	8v/sem	416	7488	81.0%
2022	8v/sem	416	7488	85.4%
2023	8/sem	416	7488	90.0%
2024	9/sem	468	8424	84.4%
2025	10/sem	520	9360	80.0%
2026	10/sem	520	9360	84.3%
2027	10/sem	520	9360	88.9%
2028	11/sem	572	10296	85.2%

Cuadro

DEMANDA PROYECTADA DE AERONAVES

AÑOS	OPERACIONES (E/S)		
	Regular Comercial	No regular Comercial	TOTAL
2008		291	291
2009	156	65	221
2010	156	72	228
2011	156	79	235
2012	208	88	296
2013	208	98	306
2014	208	108	316
2015	260	120	380
2016	260	133	393
2017	312	148	460
2018	364	164	528
2019	364	173	537
2020	364	182	546
2021	416	192	608
2022	416	202	618
2023	416	213	629
2024	468	225	693
2025	520	237	757
2026	520	250	770
2027	520	263	783
2028	572	278	850

Elaboración: El Consultor

### b3.3) Proyección de la demanda de Tráfico de Carga

Para proyectar los volúmenes de carga y correo de los servicios en los vuelos comerciales y no comerciales, se ha considerado la carga promedio por pasajero que se presenta en la actualidad que se ubica en 10.3 Kg/ pasajero. Las proyecciones de carga, se muestran en el Cuadro siguiente.

#### DEMANDA PROYECTADA DE CARGA

AÑOS	OPERACIONES (E/S)	
	Pasajeros Total	Carga (kg)
2008	2302	23714
2009	3064	31558
2010	3398	34998
2011	3768	38813
2012	4179	43043
2013	4634	47735
2014	5140	52938
2015	5700	58708
2016	6321	65107
2017	7010	72204
2018	7774	80074
2019	8194	84398
2020	8636	88956
2021	9103	93759
2022	9594	98822
2023	10113	104159
2024	10659	109783
2025	11234	115712
2026	11841	121960
2027	12480	128546
2028	13154	135487

Elaboración: El Consultor

## 1.5 Estrategia de Desarrollo

La siguiente sección describe las instalaciones que se terminarán de construir en cada Fase de Desarrollo, dando prioridad a las instalaciones del Lado Aire<sup>8</sup> y partiendo de

---

<sup>8</sup> Lado Aire o Parte Aeronáutica: El área de un Aeropuerto destinada al movimiento de aeronaves, así como los terrenos y edificios adyacentes, o parte de éstos cuyo acceso está controlado.

la infraestructura existente, mostrándose para tal fin el plan de distribución del aeródromo en el marco de tiempo correspondiente. Se presenta un resumen detallado de las instalaciones entregadas en cada Fase de Desarrollo.

Las fases de construcción brindan capacidad suficiente para satisfacer la demanda hasta final de cada periodo de planificación. Las instalaciones terminadas en cada fase brindan una capacidad equilibrada para todo el sistema aeroportuario.

## **PERIODOS DE PLANIFICACION**

De acuerdo con el Plan Maestro del Aeródromo de Breu, la demanda debe cubrirse con anticipación y se debe garantizar que las instalaciones que se construyan, tanto del Lado Aire como el Lado Tierra<sup>9</sup>, tengan la capacidad suficiente para satisfacer la demanda desde el inicio hasta el final del periodo de planificación correspondiente.

La implementación será con toda seguridad un proceso continuo, presentando un ciclo típico de planificación para el Aeródromo de Breu que ayudara al Explotador y/o Administrador a coordinar la demanda futura, la capacidad disponible y a implementar la nueva construcción.

Cada Fase de Desarrollo se desarrollara de acuerdo a la disponibilidad presupuestal y asignación de recursos de la Municipalidad Distrital de Yurua o de la Región Ucayali, por lo cual dentro del periodo contemplado se deberá priorizar los elementos de la infraestructura aeroportuaria, particularmente de las instalaciones Lado Aire.

En la determinación de las fases del Plan Maestro se ha asumido que el actual terminal de pasajeros tendrá capacidad hasta 2030 y, así, se considera la necesidad de posiciones de estacionamiento de aeronaves para la definición de las fases.

Más allá de eso para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu se considera las siguientes actividades:

### **Desarrollo Fase 1 – Periodo del 2011 al 2020**

---

<sup>9</sup> Lado Tierra o Parte Publica: El área de un Aeropuerto y los edificios en ella están comprendidos a la que tiene libre acceso el público no viajero.

### Lado Aire:

- Construcción de una Pista de Aterrizaje de 900 m de longitud por 18 m de ancho, con el eje de pista reorientado (pista 01/19), con un pavimento a nivel de mortero asfáltico Slurry Seal colocado sobre una base estabilizada de arena – cemento y una sub base de arena - arcilla.
- Construcción de Plataforma de Viraje en la pista para facilitar el viraje de 180° de los aviones, con un pavimento a nivel de mortero asfáltico Slurry Seal colocado sobre una base estabilizada de arena – cemento y una sub base de arena - arcilla.
- Construcción de una calle de salida de 78.50 m de longitud por 10.50 m de ancho; acotándose, que la longitud toma en cuenta la distancia entre eje de pista y una calle de rodaje para aeronaves con una clave C, es decir para que en el futuro se den las operaciones de tipo regional como el Antonov y/o similares.
- Construcción de una Plataforma de Estacionamiento de Aviones de 53 m de largo por 40 m de ancho, con un pavimento a nivel de mortero asfáltico Slurry Seal colocado sobre una base estabilizada de arena – cemento y una sub base de arena – arcilla. La configuración tiene para tres posiciones de aviones tipo A o B.
- Construcción de una Franja de Pista de 960 m de longitud por 60 m de ancho, así como las franjas para la calle de salida y plataforma.
- Señalización horizontal del sistema de pistas del aeródromo para operaciones en condiciones visuales.
- Construcción del sistema de drenaje superficial del aeródromo.
- Construcción de ductos para cableado eléctricos subterráneos.
- Sembrado de pasto natural toro urco.
- Construcción del cerco perimétrico del aeródromo en una longitud de 3,760 m, considerando el máximo desarrollo del aeródromo, a fin de evitar el ingreso de personas y/o animales a la zona.

- Expropiación y/o adquisición de terrenos para el máximo desarrollo del aeródromo en un área de 23.38 hectáreas.
- Teniendo en cuenta la disponibilidad presupuestal y la demanda de operaciones aéreas se plantea la construcción de la Torre de Control de Tráfico Aéreo (ATCT) y del Cuartel de Salvamento y Extinción de Incendios (SEI)

#### Lado Tierra:

- Construcción del Terminal de Pasajeros, la misma que deberá ser ejecutadas de tal manera que posteriormente permita adaptar el terminal modificado a su Plan Maestro.
- Vía de acceso a terminal y construcción de vía de circulación.
- Implementación del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Implementación e instalación del sistema eléctrico.
- Implementación de equipos de radio ayudas.
- Plataforma de estacionamiento vehicular
- Manejo de residuos sólidos.

#### Desarrollo fase 2 – Periodo del 2021 al 2030

En esta Fase se contempla la ejecución de obras para operaciones de aeronaves de tipo regional, en cumplimiento con los Requerimientos Técnicos Mínimos, según OACI, además de las Obras que serán necesarias de ejecutar a fin de poder continuar con las obras de expansión del aeródromo:

#### Lado Aire:

- Ampliación de la pista de aterrizaje, contando con una pista de 1300 m de longitud por 30 m de ancho, con una superficie de rodadura de mortero asfáltico de 0.10 m de espesor sobre el pavimento existente, colocando la misma estructura de pavimento en las zonas de ampliación.

- Construcción de Plataformas de Viraje en la pista para facilitar el viraje de 180° de los aviones, con un pavimento a nivel de de mortero asfáltico de 0.10 m de espesor colocado sobre una base estabilizada de arena – cemento y una sub base de arena – arcilla.
- Ensanchamiento de la calle de salida, obteniendo un ancho de pista en 15 m.
- Ampliación de plataforma para ubicar una aeronave tipo C, teniendo como configuración final tres posiciones, dos posiciones para aviones tipo A o B y una aeronave de tipo C.
- Ensanchamiento de una Franja de Pista, hasta lograr 1420 m de longitud por 150 m de ancho.
- Construcción de las Áreas de Seguridad de Extremo de Pista (RESA) en ambos umbrales de pista.
- Complementación del sistema de drenaje del aeródromo.
- Ampliación de sembrado de pasto natural toro urco.
- Señalización horizontal del sistema de pistas del aeródromo para operaciones en condiciones visuales.

#### Lado Tierra:

- Ampliación del terminal de pasajeros.
- Mejoramiento vía de acceso al Terminal.
- Hangares para aeronaves ligeras.
- Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua y desagües; así como el manejo de los residuos sólidos.
- Mejoramiento del sistema eléctrico.
- Implementación de equipos de radio ayudas.
- Instalaciones de Apoyo.
- Área para hangares para aeronaves ligeras

- Ampliación plataforma de estacionamiento vehicular.

## **1.6 Estudio de medio ambiente**

### Introducción

La ejecución de un Proyecto de Ingeniería Civil, en la cual está comprendida el Mejoramiento del Aeródromo de Breu, requiere de la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que evalúe las posibles modificaciones ambientales que se generan en la zona de trabajo. Cumpliendo con lo establecido en normatividad nacional vigente, cuyos fines son el bienestar del ser humano y la conservación del medio ambiente.

En tal sentido, el objetivo de un EIA, es identificar, predecir, interpretar y comunicar los probables impactos ambientales que el proyecto podría ocasionar en los componentes de su medio ambiente, así como, los producidos por la influencia del medio ambiente sobre el mismo, proponiendo medidas correctivas para evitar o minimizar la ocurrencia de impactos ambientales perjudiciales a los recursos naturales, la salud y bienestar de los habitantes, y que se deben plasmar en un Plan de Manejo Ambiental. Esto conlleva la ejecución de acciones de implementación, Programas de Control y/o Mitigación Ambiental, Monitoreo Ambiental, Capacitación y Educación Ambiental, Contingencias y un Plan de Inversiones.

El desarrollo integral de un EIA para un aeródromo, de por sí ya es materia de otro tema de Tesis, por lo cual para fines del presente estudio solamente se resaltara los aspectos relevantes y acciones de mitigación ambiental, particularmente los que genere las obras proyectadas para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu.

Es de resaltar que considerando que la zona donde se desarrollara el mejoramiento del citado aeródromo, se desarrollara en su mayor parte sobre los terrenos del actual aeródromo que actualmente se encuentra en operación, los aspectos ambientales negativos del proyecto serán mínimos.



## Descripción del Proyecto

### a) Área del Proyecto

La obra proyectada para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu, se ubica a 0.50 Km. al Sureste del centro poblado de Breu, capital del Distrito de Yurua, Provincia de Atalaya, Departamento de Ucayali.

La zona del Proyecto se localiza en la zona Sur este de la Región Ucayali, que es una circunscripción regional del Perú situada en la parte centro-oriental del País. Comprende enteramente territorios cubiertos por la selva amazónica.

El distrito de Yurua ubicada en la selva baja, cuyo territorio está cubierto por bosques y exuberante, limita:

- Por el Norte, Noreste y Este con el límite internacional con el Brasil, desde el Hito 41 hasta el Hito 32.
- Por el Sureste con la provincia de Purús, desde el Hito 32 por una línea que sigue la divisoria entre los ríos Yurua, Embira y Purús, hasta un punto donde converge con la divisoria de aguas del río Urubamba.
- Por el Suroeste y Este a partir del punto anterior con la divisoria de aguas entre los ríos Urubamba – Ucayali con la cuenca del río Yurua, hasta el límite internacional con el Brasil en el Hito 41.



La ubicación del Aeródromo de Breu, de acuerdo al proyecto de mejoramiento, cuenta con las siguientes características físicas:

- Coordenadas Geográficas : Latitud S 09° 32' 13.16",  
Longitud W 072° 45' 29.48".
- Elevación : 244 msnm
- Orientación : Norte 10° Este

La configuración topográfica del área donde se propone reorientar la pista (01/19) del Aeródromo de Breu es de una pequeña meseta plana y regular, ubicada en la margen izquierda del río Yurua, que se encuentra a 15 m de altura mayor con relación al cauce del citado río Yurua, ocupando un área de 14.50 hectáreas, en concordancia al Plan Maestro propuesto.

#### **b) Criterios Generales para Planteamiento del Proyecto**

El proyecto se plantea como una alternativa de solución al problema de restricción del principal y único medio de transporte a la zona, debido a las condiciones precarias de la pista de aterrizaje y despegue, así como la limitación de futura ampliación de la pista, buscando mejorar el desarrollo socio – económico, cultural e integración, atendiendo los servicios básicos de los centros poblados del distrito de Yurua y localidades conexas.

#### **Uso de los Suelos**

##### **a) Introducción**

Históricamente los planes para la utilización del terreno preparados por los gobiernos locales solamente han reconocido mínimamente las implicaciones de planeamiento para los aeródromos y los de fuera del lugar, para el avance relacionado al aeródromo.

El planeamiento de utilización del terreno local, como un método para determinar el uso apropiado (e inapropiado) de las propiedades alrededor del aeródromo, deben ser parte integral de la política de utilización del terreno y de las herramientas regulatorias para la utilización del terreno local.

El proceso de planeamiento del Plan Maestro del Aeródromo brinda los medios para promover la compatibilidad de utilización de terreno alrededor del aeródromo. La utilización de terrenos incompatibles puede afectar la seguridad y la operación eficiente de la aeronave. La utilización de terreno incompatible alrededor del aeródromo puede incluir la utilización de terreno que atraiga a la fauna, tales como terrenos húmedos y basurales, torres de transmisión para celulares y antenas que transmiten señales que interfieren con las transmisiones de radio y/o ayudas para la navegación, luces que pueden desorientar al piloto, y estructuras altas incluyendo torres u otros que pueden impactar en un espacio aéreo del aeródromo.

Dentro de las áreas de impacto de ruido del aeródromo, los servicios públicos y residenciales tales como colegios, iglesias, servicios de salud pública, son sensibles a niveles altos de ruido y pueden afectar el desarrollo del aeródromo.

Pero hay usos que pueden ser compatibles con los aeródromos, como son los grandes parques, áreas de conservación, y otros espacios abiertos. Asimismo, la agricultura es otro uso de terreno que es compatible con las operaciones del aeródromo, en la medida que este uso no sea una atracción de la fauna. El uso agrícola del terreno cerca del aeródromo permite al propietario de la propiedad utilizar eficientemente el terreno mientras brinda un beneficio adicional a la comunidad para la protección del aeródromo.

La responsabilidad para determinar la utilización de terreno aceptable y permisible recae en las autoridades locales.

Atendiendo que es deber de la Aeronáutica Civil preservar la seguridad aérea y garantizar el desarrollo de la aviación civil, por lo cual como parte de sus funciones deben proporcionar a las autoridades municipales los conocimientos, prohibiciones, restricciones y la normatividad sobre la destinación del uso del suelo en las cercanías de los aeródromos, teniendo en cuenta el riesgo que representa para la aviación y la amenaza grave para el derecho a la vida de los pasajeros y de terceros situados en tierra los usos no compatibles con la actividad aeronáutica.

#### b) Áreas del Aeródromo

Un aeródromo es una infraestructura fundamental para el desarrollo económico y social de las regiones que sirve, ocupa áreas significativas y concentra grande número de personas y actividades, por lo que debe ser parte integrante de los Planos Directores Municipales.

Como es una infraestructura de costos elevados debe tener un Plan Maestro en que se planifican las fases de desarrollo a largo plazo, en que se identifican las áreas actuales del aeródromo y las áreas (terrenos aledaños) que van a ser requeridas en el futuro. Para nuestro caso los terrenos son de propiedad del Estado, por lo cual la Municipalidad Distrital de Yurua debe prever la obtención de disponibilidad total del terreno requerido para el máximo desarrollo del aeródromo en estudio.

#### c) Terrenos Aledaños

El Aeródromo Municipal de Breu se encuentra ubicado a 0.50 km del centro poblado, en el distrito de Yurua, Provincia Requena, Departamento Ucayali; el distrito tiene una superficie total de 9175 Km<sup>2</sup>., y esta a una altitud de 240 m.s.n.m.

Las autoridades municipales locales, que intervienen en el ordenamiento y planeamiento local, deben tomar en cuenta la pavimentación de los accesos al Aeródromo de Breu así como prever las instalaciones del servicio de agua y desagüe.

Importa considerar que si bien no se necesita de inmediato de todas estas áreas será buena práctica aprovisionar en sentido de su reserva para futuro uso del aeródromo.

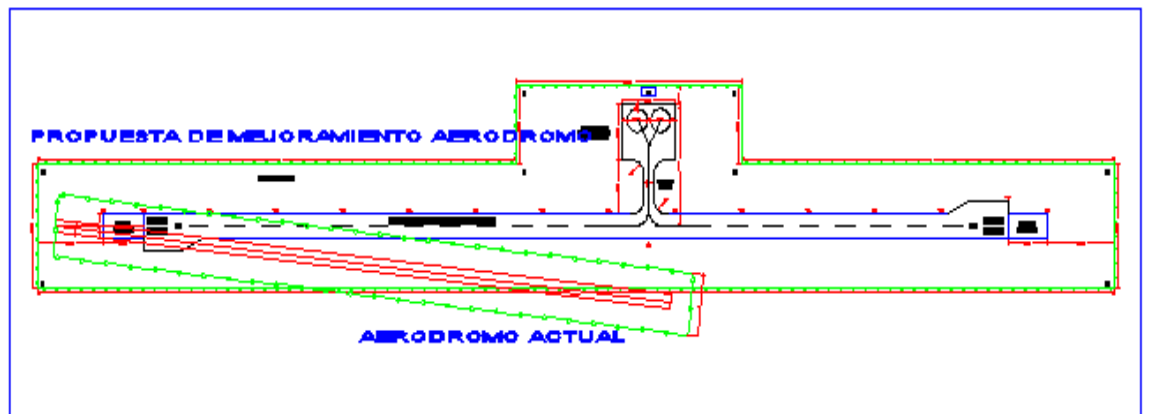
En cualquiera de las fases de desarrollo, una ampliación de las instalaciones aeroportuarias con su infraestructura de agua, energía eléctrica y vial, podría generar nuevos asentamientos humanos en su cercanía, ya que es un fenómeno conocido que grandes obras de infraestructura ejercen un atractivo magnético sobre la migración local, por lo cual se deben tomar las acciones respectivas para evitar que la tendencia de crecimiento limite las operaciones del aeródromo.

Las áreas a expropiar tienen relación con las fases de desarrollo de las infraestructuras, debiendo considerarse:

#### **Situación actual (Inicio 2011)**

El aeródromo de Breu por ubicarse en la selva baja se encuentra por el lado este colindante con el río Yurua y por el lado oeste con una zona de vegetación y parte del centro poblado de la localidad de Breu, en la que no comprometen al futuro desarrollo del mismo, principalmente para acomodo de las infraestructuras necesarias, como se muestra en la Figura N° 1.

El área de terreno del actual aeródromo es de 76,800 m<sup>2</sup> (7.68 Has aprox.), dentro de la cual se encuentra una franja de seguridad de 960 m de longitud por 80 metros (40 m. a cada lado del eje de pista), la misma que servirá hasta finales del 2011 para las operaciones de aviones ligeros con clave de referencia 1 B, cumple con los requisitos técnicos señalados en el Anexo 14 – Aeródromos de la OACI. **FIGURA N° 01 – SITUACIÓN ACTUAL y PROPUESTA MEJORAMIENTO**



e

### 1 y 2 (2011 al 2030)

Para este periodo se requerirá la operación de aviones ligeros en condiciones visuales, pero teniendo en cuenta las futuras ampliaciones del aeródromo que permitan las operaciones de aeronaves de tipo regional, para ello será necesario girar en 6° el actual eje de la pista para lograr a corto o mediano plazo con una franja de pista de 1420 m de longitud por 150 m de ancho (75 m a cada lado del eje), en cumplimiento con los requerimientos técnicos para operaciones con aeronaves con Clave de Referencia 3 C, por lo cual se plantea adquirir o expropiar más áreas aledañas al aeródromo para cumplir con los requerimientos de operación para esta categoría, según el Anexo 14

de la OACI, con lo cual se tendrá una capacidad para satisfacer la demanda hasta el año 2030. Ver el Plano de Plan Maestro PM1 y PM2, donde se detallan la Fase 1 y Fase 2, sobre el uso de los terrenos aledaños.

- 59,405 m<sup>2</sup> de terrenos del actual aeródromo será utilizado para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu, quedando 17,399 m<sup>2</sup> a disponibilidad de la Municipalidad par el uso que estimen conveniente y que sean compatible con el funcionamiento del aeródromo.
- 233,795 m<sup>2</sup> de terrenos serán los requeridos para el mejoramiento del citado aeródromo.

Al final de esta fase el área de terrenos para el mejoramiento del aeródromo será de 293,200 m<sup>2</sup>, con lo que se tendrá la capacidad para satisfacer la demanda hasta finales del periodo del proyecto Fases 1 y 2 (2011 - 2030).

#### d) Ruido

El ruido de la aeronave ha sido un problema en casi todos los aeródromos en las últimas cuatro décadas.

La tecnología ha mejorado la capacidad de desempeño de la aeronave y redujo el ruido emitido por los motores. Se está logrando un progreso continuo en lo que se refiere al ruido de la aeronave y la compatibilidad de la utilización del terreno está enfocada ahora en el nivel permitido para un aeródromo.

Dentro de las disposiciones legales vigentes en materia de planeación urbana se considera el factor ruido, como afectación a la calidad ambiental para los usos urbanos y residenciales. El impacto sonoro generado por los aeródromos, se considera ruido aeronáutico el cual es producido por las operaciones de aterrizaje, despegue, rodaje, circulación, prueba de motores y el producido por equipos auxiliares.

La ubicación de un aeródromo normalmente genera efectos sobre las áreas situadas en sus proximidades, a pesar que algunos de estos efectos sean positivos por constituirse en polos de desarrollo, también se generan efectos negativos tales como la polución sonora en las comunidades próximas a los aeródromos. Estas dificultades

pueden ser superadas en la medida que se planifique el desarrollo de su entorno con las respectivas autoridades municipales, quienes deben establecer restricciones al uso de suelos como una forma de control del crecimiento urbanístico.

La planificación del uso del suelo es una forma eficaz para impedir que el problema se aumente y prevenir que las construcciones legales e ilegales se intensifiquen en áreas no permitidas como son los alrededores de los aeródromos, estableciendo una zonificación del uso del suelo, es decir una distribución espacial de las funciones de la ciudad según sus actividades y sus instalaciones urbanas, de acuerdo a las áreas afectadas por el ruido e indicando las actividades más adecuadas para ellas.

Una de las medidas preventivas para la disminución del ruido es la división de zonas para uso del terreno o la división de zonas con ruido dentro de las áreas expuestas al ruido distante del aeródromo. Es recomendable tener en cuenta que el área más próxima a la pista del aeródromo y por esto su ambiente es extremadamente ruidoso, las actividades urbanas no son permitidas, siendo los Niveles de emisión de ruido del orden de 55 decibeles (DB).

Se debe elaborar un Plan de Zonificación de Ruido, el cual está compuesto por las curvas de ruido y por la zonificación de las áreas delimitadas por estas curvas, donde se establezcan las restricciones al uso del suelo; por lo tanto, es necesario trazar curvas que delimitan las áreas alrededor del aeródromo en función del impacto sonoro, las cuales se generan a partir de los datos operacionales de un aeródromo tales como: Numero de operaciones, Tipos de aeronaves, Rutas utilizadas, ubicación de la zona de prueba de motores, horario de Utilización de cabeceras, Procedimientos operacionales y Horario de procedimientos

El objetivo deseado es contar con una planificación en la utilización de terrenos basado en criterios objetivos que minimicen las urbanizaciones en las cercanías de los aeródromos y permitiendo al mismo tiempo otros usos que no sean incompatibles con la operación aérea. Es necesario incorporar zonas de ruido en los planes (regionales y locales) de utilización de terrenos introduciendo restricciones a las construcciones, con la finalidad única de protección del aeródromo y la de los residentes.

e) Superficies Limitadoras de Obstáculos

Estas superficies imaginarias son requeridas para garantizar la seguridad operacional de las aeronaves en sus procedimientos de aproximación, aterrizaje y despegue, no debiendo ser perforadas por obstáculos naturales o por construcciones.

Con base en las superficies de limitación de obstáculos (SLO) se deberán condicionar construcciones en las áreas envolventes del aeródromo en función de su altura y se deberán crear mecanismos de consulta previa por parte de las municipalidades a la entidad que gestiona el aeródromo, antes de cualquiera autorización de construcción.

La base legal para la aplicación de las SLO están establecidas en la Ley de Aeronáutica Civil del Perú N° 27261 y su Reglamento, Título III capítulo II Art. del 51 al 55, Limitaciones a la propiedad privada, el Anexo 14 - Aeródromos y el Manual de Servicios de Aeropuertos (Doc. 9137), Parte 6 – Limitación de Obstáculos, donde se describen las diferentes superficies que se deben considerar en el análisis y las limitaciones y protección de las mismas.

**Determinación de las SLO**

Los planos empleados para la elaboración de las SLO fueron preparados por el Instituto Geográfico Nacional – IGN, las mismas que emplean la proyección transversal Mercator, datum horizontal: provisional La Canoa 1956 (Venezuela) y datum vertical: nivel medio del mar.

Las coordenadas geográficas de los umbrales de pista del aeródromo están referidas en el sistema geodésico mundial de 1984 – WGS – 84, realizándose el plano respectivo para el Máximo Desarrollo del Aeródromo de Breu, a fin de preservar el espacio aéreo del área de influencia del aeródromo.

**Datos del Aeródromo:**

Longitud de pista : 1,300 m

Ancho : 30 m



Clave de Referencia : 3

Procedimiento Utilizado : Visual

Sentido de Aterrizaje : 01 – 19

Sentido de Despegue : 19 – 01

Umbral de Pista 01

Coordenadas (WGS-84) : 09°32'13.2"S – 072° 45' 29.5"W

Elevación : 244 m / 800 ft snm

Umbral de Pista 19

Coordenadas (WGS-84) : 09° 31'31.6"S – 072° 45' 21.9"W

Elevación : 239.50 m / 786 ft snm

Teniendo en cuenta estos datos y en aplicación del capítulo 4 –Restricción y Eliminación de Obstáculos del Anexo 14 – Aeródromos de la OACI, se determinaron las superficies limitadoras de obstáculos del aeródromo de Breu, los mismos que están plasmados en el plano correspondiente, las que se detallan:

- Superficie de Aproximación
- Superficie de Ascenso en el despegue.
- Superficie de Transición
- Superficie Horizontal Interna
- Superficie Cónica.

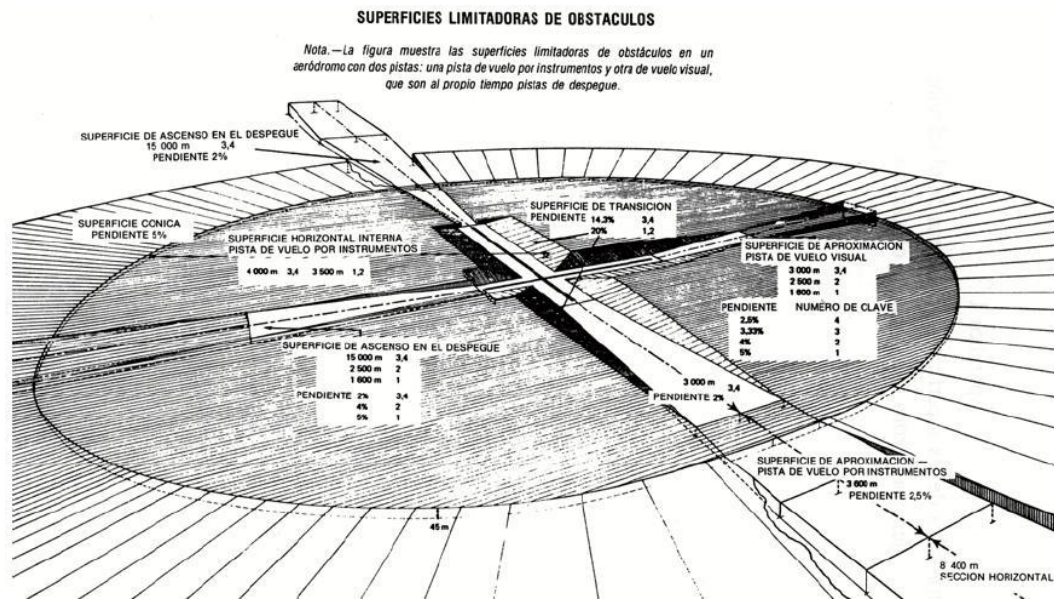


Figura 3 . Superficies limitadoras de obstáculos [5].

### Restricción y eliminación de obstáculos

Con el objetivo de garantizar la seguridad de las operaciones aéreas, el espacio aéreo en los alrededores de los aeródromos debe mantenerse libre de obstáculos, razón por la cual la Aeronáutica Civil ejerce control sobre las áreas de despegue o superficies limitadoras de obstáculos que marcan los límites hasta donde los objetos pueden proyectarse en el espacio aéreo.

En la planificación urbana es necesario conocer que las características específicas y técnicas que determinan las zonas libres de obstáculos y las restricciones de los aeródromos son entre otras, la clave de referencia del aeródromo y los tipos de procedimientos que usa cada aeródromo.

De conformidad con los Reglamentos Aeronáuticos, la Aeronáutica Civil emitirá una opinión sobre las alturas de las construcciones en las áreas de influencia de los aeródromos o helipuertos.

### Limitaciones para instalación de torres, construcciones y otras actividades en áreas aledañas

La proyección en áreas próximas al aeródromo de estructuras de considerable altura y longitud, y las que por su actividad puedan llegar a constituirse en un obstáculo por la presencia de aves, requieren de un estudio detallado sobre características de altura, tipo de materiales de construcción, techos, frecuencias de operación, potencia, espectro electromagnético de radiación, localización y manejo ambiental de los mismos, para considerar su factibilidad de implementación, debido a la incidencia que como obstáculos físicos y fuentes de interferencia presentan a la radiación electromagnética o luminosa de los sistemas de radio ayuda, ayuda visual y comunicaciones aeronáuticas, a la guía de aproximación y control de Aeródromos en condición visual o instrumentos, a la pista de aterrizaje del aeródromo y como fuentes atractivas de aves, consideradas como obstáculos móviles.

La anterior circunstancia debe ser estudiada considerando fundamentalmente cinco parámetros básicos:

- Ubicación geográfica con respecto a las áreas de maniobras, áreas críticas de radiación de las Radio Ayudas, Superficies de Aproximación y Despegue, Superficies Aeronáuticas Horizontales y Cónicas.
- Cota de nivel del terreno con respecto al nivel del mar, altura de la instalación del objeto y su referencia a la elevación del aeródromo.
- Si es una instalación para comunicaciones sus características técnicas tales como frecuencia potencia y espectro electromagnético de las señales de emisión en el caso de equipos de comunicación, radioemisión, radioenlaces y televisión.
- Materiales que se prevé utilizar en techos y paredes y estructuras de las construcciones o levantamientos que se proyecten.

Teniendo en cuenta las restricciones por los parámetros anteriormente expuestos, la altura del aeródromo sobre el nivel del mar y las condiciones meteorológicas, la Aeronáutica Civil, para cualquier tipo de construcción, actividad, o el levantamiento de una estructura que se proyecte, y cuya ubicación se encuentre dentro de las superficies de despegue y/o de aproximación calculadas para cada aeródromo, estudiará y conceptuará sobre su incidencia en el normal desarrollo de las operaciones aéreas hasta el límite exterior de la superficie cónica.

## **f) Peligro Aviario**

Las aves han representado un peligro para las aeronaves en sus trayectorias de vuelo desde el inicio de la aviación. Los factores geográficos de nuestro país y las condiciones naturales que rodean los aeródromos implican la necesidad ineludible de coexistir con un determinado nivel de riesgo de colisiones con aves ya que su presencia es evidente, pero este riesgo se incrementa cuando se suman aquellas actividades que dado su naturaleza o que por mala planificación o comportamiento emisoro se constituyen en un atractivo adicional para las aves poniendo en grave peligro las operaciones aéreas de los aeródromos.

La Organización de Aviación Civil Internacional OACI, del cual es miembro el estado de Perú, adoptó como norma la recomendación que “Deberían eliminarse o impedir que se instalen en los aeródromos o sus cercanías vertederos de basura o cualquier otra fuente que atraiga las aves, a menos que un estudio apropiado indique que es improbable que den lugar a un problema de peligro aviario”.

Para lograr un mejor entendimiento e instrumento para la planeación, a continuación se presenta un cuadro de las áreas de control para la planificación y utilización del terreno para la prevención del peligro aviario, de acuerdo a la experiencia y conocimiento de expertos en el tema y aplicaciones realizadas en otros países.

## **g) Marco Legal (Legislación ambiental en el Perú)**

El Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, instrumento legal con la mayor jerarquía dentro de la legislación ambiental de nuestro país, fue promulgado mediante Decreto Legislativo N° 613 del 7 de setiembre de 1990. Su formulación respondió a un marco económico en el cual el Estado tenía una participación directa en la actividad productiva.

Mediante Ley N° 26410, del 22 de diciembre de 1994, se crea el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), autoridad nacional del ambiente y órgano rector de la política nacional ambiental.

Corresponde al CONAM, formular la política nacional ambiental concordante con las políticas económicas y sociales del país. Tiene por finalidad planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la Nación.

Actualmente, la gestión ambiental en el país está manejada directamente por cada Ministerio o sector. En 1997 el CONAM creó el Marco Estructural de Gestión Ambiental (MEGA) con el objetivo de garantizar el proceso de coordinación intersectorial entre las entidades y dependencias públicas que poseen competencias ambientales en los diferentes niveles de gobierno, armonizar sus políticas y administrar conflictos, superposiciones, vacíos de competencia y fortalecer la capacidad de gestión ambiental en el sector público y la concertación con el sector privado y la sociedad civil.

### **Condiciones Meteorológicas**

Para el desarrollo de un Proyecto de un Aeródromo es de vital importancia la realización de un estudio meteorológico en el área del proyecto, el cual tiene como meta determinar la variación de los fenómenos atmosféricos en los sitios propuestos, siendo los más importantes: viento, temperatura, precipitación, humedad y visibilidad, información que son recopiladas por Estaciones Meteorológicas.

En el área de estudio no existen estaciones meteorológicas instaladas que registren información detallada, por lo que se ha tomado como referencia (por tener las condiciones climáticas similares, cercana al área de trabajo y por contar con la información meteorológica que permita su procesamiento) los datos de la Estación del Aeropuerto de Pucallpa, a cargo de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial – CORPAC S.A., y que se muestra en el Anexo 9.2 - Información Meteorológica.

A continuación se detalla la importancia y las características de las condiciones meteorológicas de la zona:

### **Vientos**

Para planificar las pistas de los aeródromos, resulta esencial el análisis de los vientos, debiendo de estar las pistas orientadas lo más próximo posible con la dirección de los vientos dominantes.

Durante los aterrizajes y despegues, las aeronaves son capaces de maniobrar sobre una pista, mientras que la componente en un Angulo recto con la dirección de la ruta del viento (viento de cola) no sea excesiva.

El análisis de los vientos se realiza a través de la Rosa de Vientos, que es una representación grafica de la forma en que inciden los vientos en el lugar de estudio, componiéndose el análisis de Rosa de Vientos Directos y Rosa de Vientos Cruzados. Asimismo, mediante la Rosa de Vientos se puede conocer el porcentaje anual de tiempo que puede utilizarse la pista.

De la información del aeropuerto de Pucallpa se aprecia que el 74.8 % corresponden a vientos calmos (velocidades de viento menores de 5 nudos), teniendo en cuenta la predominancia de estos vientos, las operaciones aéreas en el aeródromo no se ven limitadas.

### **Temperatura**

El conocimiento de la temperatura es indispensable para el cálculo de longitud de pista, adicionalmente se toma en cuenta en la selección de materiales para la construcción, proceso constructivo y la determinación de equipo para el clima acondicionado.

Un factor a tener en cuenta es que la temperatura cambia de manera inversamente proporcional a la altura, « a mayor altura menor temperatura ». La magnitud de este cambio es de aproximadamente 6,5°C cada 1000 metros. Estos valores son validos desde el nivel del mar hasta una altitud de 11000 m.; a alturas superiores la temperatura se considera que tiene un valor constante de -56,5°C.

El numeral 2.4 del Anexo 14 – Aeródromos señala que para cada aeródromo se determinará la temperatura de referencia en grados Celsius; acotando, que la Temperatura de Referencia del Aeródromo (TRA) debería ser la media mensual de

las temperaturas máximas diarias correspondiente al mes más caluroso del año (siendo el mes más caluroso aquél que tiene la temperatura media mensual más alta). Esta temperatura debería ser el promedio de observaciones efectuadas durante varios años.

La TRA del Aeródromo de Breu es de 32.1°C, el cual se determinó mediante el procesamiento de la información meteorológica del Aeropuerto de Pucallpa.

### **Precipitación**

En esencia toda precipitación de agua en la atmósfera se produce por la condensación del vapor de agua contenido en las masas de aire, que se produce cuando dichas masas de aire son forzadas a elevarse y a enfriarse. Para que se produzca la condensación son precisas dos condiciones: que el aire se encuentre saturado de humedad y que existan núcleos de condensación.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie plana e impermeable.

De la magnitud de la precipitación depende el cálculo de la capacidad de drenaje de la zona, su periodicidad auxiliar en la programación de la obra, así como la utilización de impermeabilizantes.

Del registro de información obtenida se concluye que la mayor precipitación se da durante los meses de enero – abril, por lo cual es recomendable programar los trabajos de mejoramiento durante los meses de mayo a noviembre.

### **Humedad Relativa**

La humedad relativa es determinante para el cálculo y selección de equipo para acondicionamiento del clima donde se requiera; asimismo auxilia en la estimación del tiempo de fraguado de concreto y morteros de arena-cemento, etc.

En lo referente a la humedad relativa, correspondiente a todo el periodo de estudio, podemos observar que entre los meses de Octubre a Enero se ha registrado la

humedad promedio más baja, y entre los meses de Marzo a Junio las humedades relativas más altas en promedios mensuales. La baja humedad está ligada directamente a la escasa nubosidad y poco viento, en esta época del año.

### **Techo y Visibilidad**

El techo y la visibilidad nos dan un criterio para la selección y uso de las ayudas visuales o radio ayudas, tanto en el proyecto como en la operación de los aeródromos. Dos de los más importantes fenómenos que afectan la visibilidad son las nieblas y las precipitaciones.

Es recomendable no ubicar un aeródromo en lugares de frecuente niebla y mala visibilidad, originada unas veces por la proximidad de núcleos fabriles y otras por zonas montañosas que con frecuencia se cubren de nubes, es peligroso que el avión tenga que atravesar estas zonas de mala visibilidad al ir perdiendo altura en las recaladas.

### **Programa de Medidas Preventivas y/o Correctivas**

Tiene como objetivo el plantear y ejecutar las medidas de carácter técnico, económico y social que controlen y/o mitiguen los impactos ambientales perjudiciales directos e indirectos que podrían ser generados por la planificación, construcción y operación del proyecto.

### **Etapa de Planeamiento**

Se presentan las actividades y consideraciones ambientales que deben ser ejecutadas durante la etapa de planeamiento, a fin de minimizar los siguientes impactos ambientales:

- Expectativa de generación de empleo, se producirán expectativas sobre la generación de empleo, lo que podría dar inicio a procesos de inmigración.
- Leve inmigración poblacional, para evitar la inmigración de pobladores de los centros poblados, cercanos al área de influencia del presente proyecto.



## **Etapa de Construcción**

Se presentan las actividades y consideraciones ambientales que deben ser ejecutadas durante la etapa de construcción de las obras para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu, a fin de minimizar los siguientes impactos ambientales:

- Leve generación de material particulado, los cambios en la calidad del aire se deben principalmente a la emisión de material particulado (polvos) que se generan durante los movimientos de tierras, transporte de materiales de construcción, en la explotación de canteras, así como en los depósitos de materiales excedentes.
- Posible disminución de la calidad edáfica, puede generarse en las áreas utilizadas como el campamento y patio de maquinarias, en las zonas de circulación de las maquinarias y la planta de procesamiento de agregados.
- Afectación de la fauna, considerando que la selva es semi tupida, es posible la presencia de especies silvestres, por lo que puede dar lugar a la ocurrencia de furtivismo; por este motivo el personal de la obra debe ceñirse a una serie de normas.
- Alteración ecológica por campamentos de obra, en la instalación y operación del campamento de obra, pueden presentarse afectaciones sobre áreas con cobertura vegetal y los cursos de agua natural, debido a la generación de residuos sólidos y de las aguas residuales domesticas.
- Alteración ecológica por la explotación de canteras, pueden presentarse afectaciones sobre el entorno, relacionadas principalmente con la emisión de material particulado, generación de taludes inestables y la alteración del paisaje.
- Alteración ecológica por las áreas de disposición de materiales excedentes, pueden presentarse alteraciones que afecten el entorno ambiental, relacionadas principalmente con la emisión de material particulado, pérdida de vegetación silvestre, posibles procesos de erosión fluvial con la consiguiente generación de taludes inestables y la alteración del paisaje.

- Riesgos de accidentes laborales, si no se toman las consideraciones mínimas indispensables de seguridad durante la construcción del aeródromo, es posible la ocurrencia de accidentes laborales y/o afectación de la salud del personal de obra, pudiendo inclusive afectar a la población local.
- Riesgos de afectación de la salud del personal de obra, el sector donde se construirá el aeródromo, se ubica en la selva, para evitar que la salud del personal de obra pueda ser afectada, se debe considerar tener en cuenta muchos factores.
- Generación de empleo, durante la etapa constructiva, se requerirá de mano de obra no calificada, para evitar procesos de inmigración innecesarios, ósea dar la prioridad a la mano de obra local.
- Relaciones con la comunidad, para evitar conflictos entre el contratista, los propietarios de los predios aledaños a la obra y la comunidad en general, el personal de obra deberá ceñirse a normas de comportamiento.

### **Etapa de Operación**

Se presentan las actividades y consideraciones ambientales que deben ser ejecutadas durante la etapa de operación del Aeródromo de Breu, a fin de minimizar los siguientes impactos ambientales:

- Efectos de los procesos de erosión hídrica, el proyecto del Aeródromo de Breu, considera canales de drenaje a nivel de terreno natural y paralelos a la pista.
- Riesgos de colisión con aves, el riesgo es mínimo, si consideramos que se trata de una zona intervenida con el hombre pero con el fin de evitar de que sea una zona de atracción de las aves, no se deben considerar zonas de pastizales y cultivos, zonas húmedas y basurales alrededores del aeródromo.
- Alteración del paisaje, la principal alteración del paisaje se dará por la intrusión visual de la infraestructura del aeródromo y la tala de algunos árboles a fin de que no penetren las superficies limitadoras de obstáculos.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

## Conclusiones

- El Aeródromo de Breu, se encuentra ubicado a 0.50 Km. al Sureste del centro poblado de Breu, capital del Distrito de Yurua, Provincia de Atalaya, Departamento de Ucayali. Geográficamente la cabecera sur oeste, de la pista de aterrizaje, se ubica en las siguientes coordenadas: Latitud: S 09° 32' 13.16", Longitud: W 072° 45' 29.48".
- La ejecución del Mejoramiento del Aeródromo de Breu, permitirá mejorar la calidad de vida de los pobladores al propulsar la integración de la ciudad de Breu, esto ayudaría también a la integración entre los países del Perú y Brasil.
- En el área de influencia del Proyecto, no existen restos arqueológicos que puedan ser afectados y/o depredados como consecuencia de la ejecución del Proyecto.
- De acuerdo a la evaluación "in situ", del área donde se emplazara el Aeródromo de Breu, se concluye que no existen evidencias de la existencia de movimientos de masas( deslizamientos, asentamientos, huaycos) así como evidencias de fallas locales ni regionales que puedan significar factores negativos para la estabilidad de la obra y/o sus instalaciones.

## Recomendaciones

- La Municipalidad Distrital de Yurua deberá coordinar con INRENA, para que esta entidad designe el personal necesario para evitar el control del probable contrabando con especies de faunas silvestres, tanto en la etapa constructiva como operativa del proyecto.
- En la etapa de construcción del Proyecto, la empresa contratista debe dirigir una campaña educativa ambiental, hacia el personal de obra, a fin de evitar el vertimiento de líquidos y sólidos contaminantes hacia el suelo, con el propósito de evitar la degradación y/o contaminación de este recurso.
- Se debe elaborar un Plan de Zonificación de Ruido, el cual está compuesto por las curvas de ruido y por la zonificación de las áreas delimitadas por estas curvas, donde se establezcan las restricciones al uso del suelo; por lo tanto, es necesario

trazar curvas que delimitan las áreas alrededor del aeródromo en función del impacto sonoro.

- El espacio aéreo en los alrededores del aeródromo de Breu debe mantenerse libre de obstáculos, en base al área de influencia de la Superficie Limitadora de obstáculos del citado Aeródromo, a fin de garantizar la seguridad de las operaciones aéreas.
- Durante la etapa de operación, el aeródromo debe implementar sistemas de eliminación de aguas hervidas y residuos sólidos, afín de no generar fuentes de vectores infecciones.

## **1.7 Evaluación Financiera - Económica**

Para el desarrollo del presente tema se ha tomado en cuenta el análisis socioeconómico desarrollado en el estudio de pre inversión a nivel de Perfil Mejoramiento del Aeródromo de Breu (Código SNIP 73854), con el cual se obtuvo la viabilidad del proyecto, el mismo que toma en cuenta adicionalmente al estudio de la demanda, los siguientes aspectos de manera resumida:

- a. Balance Oferta – Demanda.- La oferta del servicio en el aeródromo de Breu actualmente se basa en la infraestructura existente, la cual permite de manera muy limitada las operaciones de aeronaves ligeras. Se estima que la oferta del servicio en las condiciones actuales, prácticamente no podría ampliarse sin inversiones significativas, por tanto la oferta actual sin proyecto se mantendría en los mismos niveles actuales en el futuro.
- b. Descripción Técnica de las Alternativas.- Se plantea el mejoramiento de la pista de aterrizaje, mediante una reorientación del eje de pista que facilite ampliaciones futuras, a fin de permitir operaciones de aeronaves ligeras y/o de tipo regional que brinden un adecuado servicio y de manera continuada durante el año. Se plantean tres (03) alternativas, según el tipo de superficie de rodadura, siendo estas:

- Alternativa 1: Mejoramiento de la pista de aterrizaje de 900 m por 18 m, con pavimento I de Mortero Asfáltico en Frio (Emulsion - Arena), para operación de aeronaves ligeras.
- Alternativa 2: Mejoramiento de la pista de aterrizaje de 900 m por 18 m, con pavimento de Mortero Asfáltico en Caliente en Caliente (Cemento Asfáltico - Arena), para operación de aeronaves ligeras.
- Alternativa 3: Mejoramiento de la pista de aterrizaje de 1300 m por 30 m, con pavimento de Mortero Asfáltico en Caliente (Cemento Asfáltico - Arena), para operación de aeronaves de tipo regional.

c. Costos.- Se presentan los costos (inversión, mantenimiento y operación) estimados en soles en la Situación sin Proyecto, costos en la Situación con Proyecto y de los Costos Incrementales de las alternativas evaluadas.

d. Beneficios Privados.- Se detalla los Ingresos en la Situación sin Proyecto, ingresos en la Situación con Proyecto y de los Ingresos Incrementales de las alternativas evaluadas. Se acota, que al efectuarse las mejoras propuestas y mejorar la calidad del servicio a ofrecer en el aeródromo, será necesario aplicar cargos por tales servicios (uso de aeródromo, manejo de carga, etc.) de manera que se cuente con los recursos para el adecuado mantenimiento.

e. Beneficios Sociales.- Para la evaluación social, se han estimado los beneficios posibles de cuantificar, teniendo en cuenta los requerimientos de mantenimiento de la pista de aterrizaje, los costos de operación de las aeronaves y los costos relacionados con las clases de movimiento de pasajeros identificados: tráfico normal y tráfico generado.

Los beneficios identificados fueron:

- Ahorro en costos de mantenimiento de la pista de aterrizaje

- Ahorro en costos de operación de las aeronaves al utilizar pistas en buenas condiciones.
- Disminución de la tarifa por efecto de la mejora de la pista de aterrizaje.
- Beneficio del transporte aéreo por tráfico generado
- Ahorro por costo generalizado de transporte

f. Evaluación Social.- Comprende el análisis desde el punto de vista de la economía en su conjunto, considera los beneficios económicos que tendrá el proyecto en los beneficiarios y los costos incrementales expresados a precios sociales. En el caso de los costos de inversión el factor de conversión a precios sociales aplicado fue de 0.79, mientras que para los costos de operación se aplicó un factor de 0.75. El horizonte de planeamiento es de 20 años y la tasa de actualización del 11%( establecida por el MEF).

Los valores actualizados expresados en miles de Nuevos Soles son los siguientes:

Indicadores de Rentabilidad	Alternativa N° 01	Alternativa N° 02	Alternativa N° 03
<b>VAN (Miles de Nuevos Soles)</b>	<b>3,170.5</b>	<b>2,122.3</b>	<b>-2,495.2</b>
<b>TIR (%)</b>	<b>22.3%</b>	<b>16.8%</b>	<b>7.2%</b>

Los indicadores de rentabilidad económica obtenidos muestran que las dos primeras alternativas son económicamente viables, por cuanto sus valores son positivos, no así la tercera alternativa. Siendo a Alternativa 1 la que presenta los mejores indicadores de rentabilidad social.

g. Evaluación Privada.- Se ha realizado tomando como base los ingresos y costos incrementales de cada una de las alternativas propuestas, a precios de mercado o financieros. Se consideró un valor residual del proyecto en el año 20 del 15% del costo total de obra inicial.

Los valores actualizados expresados en miles de Nuevos Soles son los siguientes:

Indicadores de Rentabilidad	Alternativa N° 01	Alternativa N° 02	Alternativa N° 03
VAN (Miles de Nuevos Soles)	-1,711.7	-3,108.7	-8,399.5
TIR (%)	4.7%	1.9%	-2.3%

Los resultados obtenidos de la evaluación privada indican que el proyecto no es rentable en ninguna de sus alternativas, siendo la alternativa 01 la menos mala.

h. Conclusiones.-

De la evaluación económica realizada al proyecto de Mejoramiento de la Pista de Aterrizaje del Aeródromo de Breu para solucionar el problema planteado en el proyecto se llegaron a las siguientes conclusiones:

- El proyecto de Mejoramiento de la Pista del Aeródromo de Breu debe implementarse de manera inmediata, toda vez que la actual pista se encuentra en malas condiciones, por lo cual se compromete la seguridad de las operaciones aéreas.
- Los resultados obtenidos indican que los Responsables del Aeródromo deberían poner en marcha el proyecto, a fin de garantizar la seguridad de las operaciones aéreas y que apoye al desarrollo del transporte aéreo de la zona ofertando una infraestructura aeroportuaria competitiva capaz de atender los requerimientos de los usuarios.

- En la Evaluación Social realizada al proyecto, se ha encontrado que dos de las alternativas planteadas son rentables, mientras que la tercera no lo es. Los indicadores obtenidos para la Alternativa 1 son muy aceptables, obteniéndose un Valor Actual Neto de 3.17 millones de soles y una Tasa Interna de Retorno del 22.3%.
- La evaluación privada del proyecto de Mejoramiento de los Pavimentos del Aeródromo de Breu muestran indicadores negativos, sin embargo no debe ser limitante para la intervención por parte del Estado, por ser el distrito de Yurúa zona estratégica de frontera.
- Considerando los resultados de la evaluación social se recomienda priorizar la implementación de la Alternativa 1: Mejoramiento de la Pista de Aterrizaje con Pavimento a nivel de Mortero Asfáltico en Frío (Emulsión - Arena).



## 2. ESTUDIOS DE CAMPO

Para la formulación del presente Tema de Tesis, consistente en el desarrollo del Estudio de Ingeniería para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu, se ha tenido en cuenta los siguientes estudios básicos:

### 2.1 Estudios Topográficos

Consistió en realizar los trabajos de levantamiento altimétrico y planimétrico de la pista de aterrizaje y/o despegue existente, así como el área de movimiento y áreas conexas proyectadas, para su posterior procesamiento de datos y su materialización en los planos respectivos.

Los trabajos topográficos se realizaron en dos etapas:

- Trabajos de campo
- Trabajos de gabinete

#### a) TRABAJOS DE CAMPO.

Los trabajos topográficos en lo referente a la fase de campo, consistieron en el replanteo del área de estudio, mediante el levantamiento planimétrico y altimétrico del Aeródromo de Breu, de acuerdo al Plan Maestro propuesto en el presente estudio.

Se efectuó el levantamiento topográfico de las áreas correspondientes a la pista de aterrizaje existente y área de movimiento proyectada, dicho levantamiento se extendió en toda el área de influencia requerida para el mejoramiento del aeródromo, a continuación se describen los trabajos de campo realizados:

## VERIFICACION DE LA



### ORIENTACION DE LA PISTA DE

**ATERRIZAJE.** Se determinó la orientación del eje de la Pista actual, obteniéndose el azimut magnético de  $16^\circ$ , con lo cual se verifico los actuales números designadores 02 – 20 de la pista del Aeródromo de Breu. Asimismo, tomando en cuenta la topografía de la zona se efectuó la rotación del actual eje de pista en  $6^\circ$  hacia el lado oeste, a fin de lograr la ampliación de la pista, siendo el azimut obtenido  $10^\circ 36' 31''$ , obteniéndose los números designadores de pista 01 – 19.

**LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO.** Consistió en la verificación y materialización de los ejes del sistema de pistas proyectadas: pista de aterrizaje y/o despegue, calle de salida y plataforma de estacionamiento de aeronaves, los cuales mediante progresivas o kilometrajes determinan un sistema de referencia, a partir del cual se ubicaron y determinaron las dimensiones de todos los elementos geométricos: longitud, ancho, empalmes de pistas, etc.

Asimismo, mediante la utilización de un GPS Navegador se determinaron, de acuerdo a lo dispuesto por las normas de la OACI, las coordenadas UTM y Geográficas en el Sistema WGS 84 de los umbrales de pista actual y la pista proyectada al máximo desarrollo considerada en un Plan Maestro preliminar, siendo estas:

UMBRAL DE PISTA	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	ESTE	NORTE	SUR	OESTE

02	746,076.00	8,944,882.00	09°32'16,4 »	072°45'30,0 »
20	746,335.00	8,945,775.00	09°31'47,3 »	072°45'21,7 »
01	746,092.00	8,944,981.00	09°32'13,2 »	072°45'29,5 »
19	746,331.00	8,946,257.00	09°31'31,6 »	072°45'21,9 »

Asimismo, se efectuó el replanteo de los ejes de la pista de aterrizaje proyectada (km 0+000 al km 1+400), calle de salida (0+760) y plataforma de estacionamiento de aeronaves, los cuales siguieron la secuencia del estacado de puntos y nivelado a cada 20 m. de los ejes aludidos.

LEVANTAMIENTO ALTIMETRICO. El levantamiento altimétrico del sistema de pistas, está enlazado a la Red de Bench Marck (BM) del Sistema Geográfico Nacional, tomando como referencia el BM ubicado en el centro poblado de Breu, perteneciente al distrito Yurua, provincia Atalaya, está situada al sur de la Unidad Militar de Asentamiento Rural N°5 (UMAR N°5) y es un disco de bronce de 9 cm de diámetro incrustado en un bloque de concreto de forma cuadrangular y sobre sale 10 cm del nivel del suelo, cuya elevación es de 270.3511 m.s.n.m, información que se adjunta en el Anexo 9.1 – Información Complementaria.

A partir de esta referencia, mediante operaciones de nivelación diferencial se determinaron los Bancos de Nivel - BMs, mediante hitos de mortero de concreto, convenientemente distribuidos a lo largo del eje de la pista proyectada, los mismos que se muestran a continuación:

DESIGNACION	COTAS	UBICACION
BM1	244.484 m.	Km. 0-120 Eje Pista
BM2	243.758 m	Km. 0+340 Eje Pista

BM3	243.056 m	Km. 0+760 Eje de Pista (Intersección eje Calle Salida).
-----	-----------	--

## b) TRABAJOS DE GABINETE

Los trabajos de gabinete consistieron en efectuar el procesamiento de la información obtenida en campo y obtener la configuración topográfica del área, los que posteriormente se plasmaron en el plano topográfico, perfiles longitudinales y secciones transversales, sobre los cuales se incorporaron los diseños correspondientes, que nos permitieron cuantificar los trabajos de mejoramiento a realizar y el costo que demandarían su realización.

## 2.2 Estudios de Suelos, Canteras y Evaluación de Pavimentos

El estudio de Suelos, Canteras, Fuente de Agua y Evaluación Superficial de Pavimentos fueron realizados en el año 2007, por el equipo técnico de la Dirección General de Aeronáutica Civil del MTC, conformado para la elaboración del Estudio de Mejoramiento de Aeródromo de Breu, equipo del cual el suscrito participo de manera externa como Asistente de Ingeniería en los trabajos de campo.

Los resultados de los estudios de campo han sido plasmados en los certificados de laboratorio y perfiles estratigráficos que se adjuntan en el Anexo 9.3 – Pruebas de Campo y Ensayos de Materiales, done se adjuntan los Resultados de los Ensayos de Suelos y Canteras del presente estudio de Ingeniería, así como los perfiles estratigráficos de las calicatas realizadas. En resumen se presentan las incidencias, comentarios, conclusiones y recomendaciones de los estudios realizados,

### 2.2.1 Estudio de Suelos

Con los antecedentes recopilados del Aeródromo de Breu, el Plan Maestro Preliminar para el Mejoramiento del Aeródromo de Breu y determinación en campo del nuevo eje de la Pista de Aterrizaje con su respectiva Calle de Salida y Plataforma de Estacionamiento de Aeronaves, se programó los trabajos de campo respectivos,

determinando que el estudio de suelos se realizaría mediante calicatas ubicadas en los ejes proyectados de la pista y plataforma de estacionamiento de aeronaves.



Las calicatas de las pistas se realizaron hasta una profundidad mínima de 2.00 m. y con fines de elaborar los perfiles estratigráficos y conocer las propiedades físicas - mecánicas de los suelos componentes tanto del pavimento precario existente como de la sub rasante del Área de Movimiento proyectada.

De las calicatas realizadas y de los ensayos de laboratorio realizados se obtuvieron la siguiente relación de CBR:

- El CBR al 95% de la M.D.S. del proctor modificado es 4.1% (Km 0+250 Pista proyectada).
- El CBR al 95% de la M.D.S. del proctor modificado es 3.3% (Km 0+500 Pista proyectada).
- El CBR al 95% de la M.D.S. del proctor modificado es 4.7% (Km 0+750 Pista proyectada).

Se acota, que teniendo en cuenta los CBRs obtenidos en laboratorio, producto de las muestras de las calicatas C-2, C-3 y C-4, así como la clasificación de

suelos hallados de los resultados de los ensayos de laboratorio, previo a la determinación del CBR de diseño, considerando la predominancia suelos CL, se adopto de manera conservadora para el resto de muestras de suelos CL, tomar el menor valor de CBR obtenido para ese tipo de suelo, la cual corresponde a la muestra 2 de la calicata C-2 con el valor de 4.1.

Se procedió a la determino el CBR de Diseño, considerando el percentil al 85%, en aplicación a las Circulares de Asesoramiento de la FAA<sup>10</sup>, obteniéndose el siguiente resultado:

**DETERMINACION DEL CBR de DISEÑO**  
(Sub Rasante)

Perforación N°	Lado	Progresiva (Km)	Muestra	Profundidad (m)	Clasificación SUCS	Clasificación FAA	CBR al 95% MDS
C - 1	A 30 m IZQU.	0 + 000	M - 1	0.00 - 0.45	CL	E - 7	4.1
C - 1	A 30 m IZQU.	0 + 000	M - 2	0.45 - 2.00	MH	E - 7	
C - 2	EJE	0 + 250	M - 1	0.00 - 0.45	MH	E - 8	
C - 2	EJE	0 + 250	M - 2	0.45 - 1.90	CL	E - 7	4.1
C - 3	EJE	0 + 500	M - 1	0.00 - 0.20	CL	E - 6	4.1
C - 3	EJE	0 + 500	M - 2	0.20 - 0.55	ML	E - 7	
C - 3	EJE	0 + 500	M - 3	0.55 - 1.60	MH	E - 7	
C - 3	EJE	0 + 500	M - 4	1.60 - 2.15	CH	E - 7	3.3
C - 4	EJE	0 + 750	M - 1	0.00 - 0.20	ML-CL	E - 6	
C - 4	EJE	0 + 750	M - 2	0.20 - 0.35	ML-CL	E - 6	
C - 4	EJE	0 + 750	M - 3	0.35 - 0.52	CL	E - 7	4.1
C - 4	EJE	0 + 750	M - 4	0.52 - 2.10	CL	E - 7	4.7
C - 5	EJE	1 + 000	M - 1	0.00 - 0.34	CL	E - 7	4.1
C - 5	EJE	1 + 000	M - 2	0.34 - 0.54	CL	E - 7	4.1
C - 5	EJE	1 + 000	M - 3	0.54 - 2.05	CL	E - 6	4.1
C - 6	EJE	1 + 250	M - 1	0.00 - 0.52	ML	E - 6	
C - 6	EJE	1 + 250	M - 2	0.52 - 1.82	CL	E - 7	4.1
C - 7	PISTA-PLATAF.	0 + 760	M - 1	0.00 - 0.20	ML-CL	E - 6	
C - 7	PISTA-PLATAF.	0 + 760	M - 2	0.20 - 0.55	ML	E - 7	
C - 7	PISTA-PLATAF.	0 + 760	M - 3	0.55 - 1.80	CL	E - 7	4.1

**CBR de diseño**

**4.10**

Adicionalmente, producto de las calicatas realizadas se pudo verificar existencia de Napa Freática en calicata C-2, la cual se hallaba a una profundidad de 1.50 m del terreno natural, debido a que por dicha zona discurre la zanja de drenaje de la actual pista de aterrizaje.

<sup>10</sup> AC N° 150/5320-6D AIRPORT PAVEMENT DESIGN AND EVALUATION.

## **2.2.2 Estudio de Canteras**

Previo al estudio de campo de las canteras se efectuó un análisis de los antecedentes de construcción del aeródromo existente, con la finalidad de tener una idea de la existencia o no de canteras cercanas y que podrían servir al proyecto en estudio; acotándose, que por las características de la zona no hay presencia de material gravoso, predominando el material arenoso.

Preliminarmente se realizó un reconocimiento de los lugares más cercanos al aeródromo, incluyendo las áreas de influencias cercanas, quebradas, cauces secos, y todos los lugares que pudiesen acusar la existencia de materiales sedimentarios en el subsuelo, con lo cual se verificó in situ la existencia de la cantera Río Yurua y cantera bancos de arcilla, las mismas que se vienen empleando en las diversas obras que viene realizando la Municipalidad Distrital de Yurua, las cuales se detallan a continuación:

### **Cantera Río Yurua:**

Ubicación : Lado este a pista del aeródromo, a una distancia aproximada de 0.50 kilómetros del centro geométrico del nuevo eje de pista proyectada.

Propietario : El Estado

Uso y Tratamiento : Lado der. a 200 m. de eje, en buen estado.

Potencia : 40,000 m<sup>3</sup> aprox., repotenciable.

Periodo de Utilización : En época de estiaje.

Explotación : Con cargador frontal y/o tractor.

Usos : Para sub base (arena - arcilla), base estabilizada (arena-cemento) y emulsión asfáltica, con un rendimiento de 95 %.

### **Cantera de Arcilla:**

Ubicación : Lado nor-oeste del aeródromo a una distancia

aproximada de 1.20 kilómetros por la trocha de acceso hacia el Puerto.

Acceso : En regular estado.

Potencia : 40,000 m<sup>3</sup> aprox.

Usos: Para sub base (arena - arcilla) y relleno con un rendimiento del 100%.

Se acota, que las calicatas de prospección se realizaron a cielo abierto hasta una profundidad mínima de 1.50 m.

### **2.2.3 Evaluación de Pavimentos**

Se efectuó la evaluación superficial del pavimento precario con el que cuenta la actual pista de aterrizaje del aeródromo de Breu, observándose que en áreas determinadas presentan surcos de rueda, baches, drenaje inadecuado y ondulaciones debido al pavimento precario y a la falta de mantenimiento de la pista.

Asimismo, de las calicatas realizadas para el área de movimiento proyectada, la calicata C-1 que se encuentra ubicada en la progresiva 0+000 nos permitió verificar las estructuras existentes con la que cuenta la actual pista de aterrizaje, estando con una superficie de rodaje a nivel hierba o vegetación de la zona colocada sobre una capa de sub- base de arena – arcilla de 0.20m de espesor promedio.





## **2.3 Estudio de Hidrología**

De la información meteorológica registrada en el aeropuerto de Pucallpa, toda vez que no se cuenta con información completa en la zona, particularmente las precipitaciones pluviales, han servido como referencia para el análisis del estudio de Hidrología.

De la información registrada de precipitaciones pluviales durante el periodo 2004 – 2008, se observa que en el mes de abril 2008 se registra la máxima precipitación en 24 horas, siendo este de 117 milímetros.

De los pozos exploratorios realizados para el presente estudio, se detecto solamente en la calicata C-2 la presencia de la napa freática a una profundidad de 1.50 m del terreno natural, debido a que por dicha zona discurre la zanja de drenaje de la actual pista de aterrizaje, pero considerando que durante el Mejoramiento del Aeródromo de Breu dicha zanja de drenaje será clausurada, esto garantiza que no afectara la estructura del pavimento.

Debido a las precipitaciones pluviales características de la zona selva, se ha proyectado la construcción de un sistema de drenaje superficial; esto permitirá una adecuada evacuación de las aguas provenientes de las precipitaciones.

La fuente de agua permanente y más cercana corresponde al rio Yurua, la que se encuentra a 500 metros, con respecto al centro geométrico de ambas cabeceras de la proyectada pista de aterrizaje y despegue.

## 3.DISEÑOS

### 3.1 Diseño Geométrico del Área de Movimiento

Esta parte del estudio contempla el desarrollo geométrico del área de movimiento (pista de aterrizaje, calle de salida y plataforma de estacionamiento de aeronaves) y áreas conexas proyectadas para el aeródromo de Breu, de tal forma que en esta primera etapa, de acuerdo al Plan Maestro propuesto, se puedan atender las operaciones de las aeronaves ligeras con un peso máximo de hasta 5700 Kg, tales como el De Havilland Canadá DHC6 (Twin Otter) y/o similares, con una Clave de Referencia 1B.

Se precisa que para la determinación de las dimensiones de la pista de aterrizaje y despegue con sus respectivas plataformas de viraje, franja de pista, plataforma de estacionamiento de aviones y calle de salida se ha tomado en cuenta las aeronaves con Clave 1 B; acotándose, que para la determinación de la distancia de ubicación de la plataforma de estacionamiento de aeronaves, que involucra la longitud de la calle de salida, se ha considerado la distancia entre eje de pista y una calle de rodaje para aeronaves con clave C, de acuerdo al Plan Maestro y en concordancia al Anexo 14 - Aeródromos, es decir para que en el futuro puedan operar aviones regionales como el Metro II, Antonov y/o similares.

A continuación se muestra el diseño geométrico considerado para la primera etapa de desarrollo del Plan Maestro, es decir para aeronaves con clave de referencia 1B, según detalle:

#### 3.1.1 Pista de Aterrizaje y /o Despegue

Para el método de la Performance de Vuelo de la aeronave es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como aterrizaje, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista. Para el efecto se ha considerado la aeronave De Havilland Canadá DHC6 (Twin Otter) y/o similares, con una Clave de

Referencia 1B, el cual cuenta con un ábaco confeccionado de acuerdo a sus características aerodinámicas del avión y físicas del aeródromo en estudio.

- Aeronave crítica : Twin Otter
- Temperatura de Referencia del Aeródromo : 32.1 °C
- Elevación del Aeródromo : 244 m (801 pies) s.n.m
- Peso Máximo de Despegue : 12,000 libras
- Peso Máximo de Aterrizaje : 12,000 libras

Por otro lado, es recomendable suponer si un motor fallara después de haberse alcanzado la velocidad de decisión, el avión tendría la velocidad y potencia suficientes para concluir el despegue con seguridad en la distancia de despegue disponible restante.

Del análisis realizado para el cálculo de longitud de pista para la aeronave Twin Otter (DHC-6), mediante el empleo de los ábacos del Manual de la Aeronave de diseño, particularmente el ábaco de longitud de despegue con un motor inoperativo para salvar 35 pies, por ser la condición mas critica, se obtuvo:

<b>DESPEGUE CON UN MOTOR INOPERATIVO PARA SALVAR 35 FEET</b>	
<b>DATOS</b>	<b>DEL</b>
<b>AERÓDROMO</b>	
ELEVACION	: 244
m.s.n.m.	
T.R.A.	32°C
	<b>Lbs</b>
Take off gross weight =	12000.00

(Peso bruto del despegue)	
Fuel (Combustible)	2457.00
Weight less fuel	9543.00
(Peso menos combustible)	
Basic Weight	6500.00
(Peso básico )	
Crew ( equipo / tripulación)	340.00
Weight off freight	2703.00
( Peso del flete )	
Peso de persona + equipaje(15 Kg)	210.00
Número de personas	13
Longitud de Pista	2900 pies (884m)

Bajo estas condiciones del ábaco que se muestra líneas abajo, se desprende que para un peso máximo de despegue de 12,000 libras se requiere una pista de 884 m., lo cual redondeado se adopta 900 m de pista.

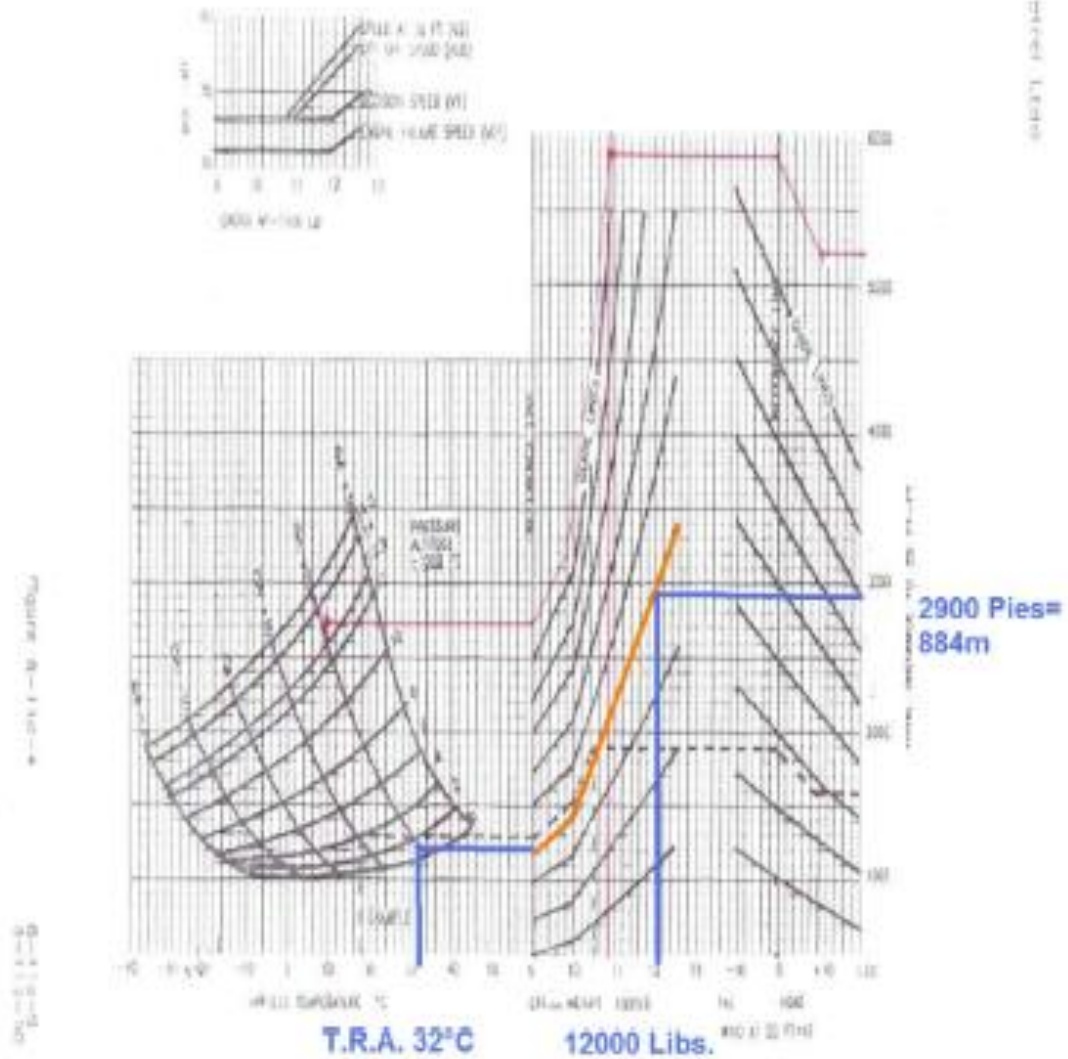
MAX WING WEIGHT  
MAX TOW WEIGHT  
MAXIMUM WEIGHT

TAKE-OFF DISTANCE TO 35 FEET  
(ONE ENGINE INOPERATIVE AT V<sub>1</sub>)  
LANDPLANE

AERODROMO DE BREU  
ELEVACION 244m  
T.R.A. 32 °C

Constructores: Aerotec, Pineda, Linares

### DESPEGUE CON UN MOTOR INOPERATIVO PARA SALVAR 35 PIES



Los detalles de las demás características de la pista principal se muestran a continuación:

#### PISTA PRINCIPAL

Progresiva : Km. 0 + 200 / Km. 1 + 100

Designación : 01 / 19

Longitud : 900 m.

Ancho : 18 m.

Pendiente Longitudinal.- La pendiente longitudinal de la pista de aterrizaje y/o despegue será de 0.034%

Pendiente Transversal.- Para facilitar la rápida evacuación de las aguas se ha adoptado una pista convexa con una pendiente: 1.5% a cada lado.

#### FRANJAS

Dimensiones : Longitud : 960 m.

Ancho : 60 m.

Pendientes:

Longitudinal : Igual a la pista principal

Transversal : 2.0% alejándose del eje de la pista principal

#### ZONA DE SEGURIDAD

Pista N° 01 : 18 m. por 40 m.

Pista N° 19 : 18 m. por 40 m.

### **3.1.2 Calle de Salida**

Progresiva: Km. 0+760 (del eje de la pista principal)

Dimensiones: Longitud : 78.50 m.

Ancho : 10.50 m.

Pendientes: Longitudinal : De 1.50% y 1.00%

Transversal : De 0.11% a 0.50%

### **3.1.3 Plataforma de Estacionamiento de Aeronaves**

Progresiva : Km. 0+760 (Partiendo del eje de la pista principal)

Dimensiones : Longitud : 53.00 m.

Ancho : 40.00 m.

Pendientes : Longitudinal : 1.00%

Transversal : 0.50% de derecha a izquierda

El diseño geométrico de la pista de aterrizaje y/o despegue, plataformas de viraje, calle de rodaje de salida, plataforma de estacionamiento de aeronaves y zonas de seguridad se encuentran descritos con sus detalles en el Plano General del Proyecto.

## **3.2 Diseño Estructural del Pavimento del Área del Movimiento**

Para el cálculo del diseño estructural del pavimento del área de movimiento del aeródromo de Breu, se ha tomado como referencia el Manual de Proyecto de aeródromos – Parte 3 – Pavimentos, Doc. 9157 – AN 901 Edición 1983 de la OACI, que es el documento técnico usual para el diseño de pavimentos de aeródromos.

### **3.2.1 Método de la FAA**

De los diversos métodos de diseño de pavimentos de aeródromos recomendados por la OACI, se ha utilizado el método de la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos de Norteamérica, el cual en función del peso bruto efectivo de la aeronave para cada tren de aterrizaje, número de operaciones y capacidad portante (CBR) de la subrasante, nos permite obtener el espesor total requerido del pavimento, para soportar un peso dado de aeronave.

Se acota, que en nuestro país, hasta el año 2005, para el diseño de pavimentos se venía empleando el Manual de Diseño de Aeródromos Parte 3 Pavimentos, elaborado por la OACI, en la cual se desarrollaba el método de la FAA mediante la utilización de ábacos o curvas de cálculo de pavimentos y teniendo en cuenta los espesores y características mínimas de las capas de los pavimentos.

Se resalta que desde hace varios años la FAA ha desarrollado el Programa de Computo para el Diseño de Pavimentos de Aeropuertos denominado FAARFIELD 1.100, el cual se emplea en la actualidad y utilizara en el presente estudio.

FAARFIELD es un programa informático para el diseño de espesor de pavimento de aeropuertos. Se implementa en capas elásticas basadas en tres dimensiones y los procedimientos de diseño basados en elementos finitos, desarrollado por la Administración Federal de Aviación (FAA) para nuevos diseños y superposición de los pavimentos flexibles y rígidos.

FAARFIELD representa una desviación significativa frente a anteriores normas de la FAA. Aparte de los procedimientos que se implementa como un programa de computo en lugar de como nomogramas, el principal cambio en el diseño de pavimento desde la perspectiva del usuario es que el concepto de la aeronave “diseño” ha sido sustituido por el diseño para el fallo por fatiga que se expresa en términos de un factor de daño “acumulativo “(CDF). Además, la propiedad de los principales materiales de las capas de pavimento ya está uniformemente expresada como un módulo de elasticidad en lugar del anterior CBR (California Bearing Ratio) para los pavimentos flexibles. Conversión automática de los valores CBR se proporciona en el programa.

Se acota, que teniendo en cuenta que para la Primera Etapa de Desarrollo del Aeródromo de Breu se considera como aeronave de diseño De Havilland Canadá DHC6 (Twin Otter) y que esta no se incluye en la librería de aeronaves del citado programa de computo, se está tomando para el diseño de pavimento por ser una aeronave equivalente, el Cessna Citation 550 con un tren de aterrizaje simple y considerando peso de despegue reducido de 5700 Kg; acotándose, que se toma el peso máximo de despegue por ser mas crítico que el de aterrizaje. En el numeral



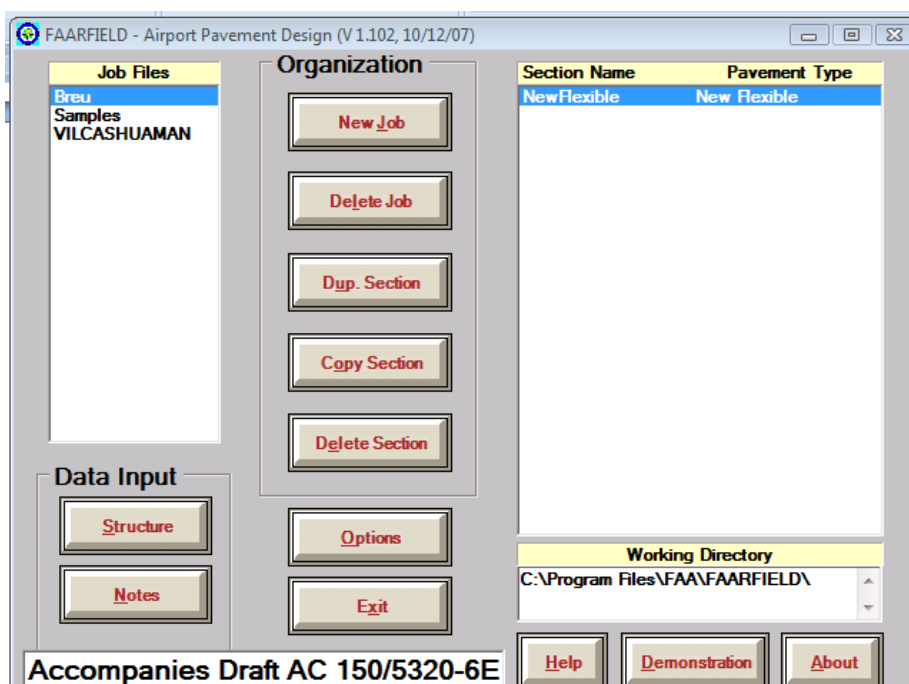
2.2.2 Fases del Plan Maestro, se presentan las características del Twin Otter y el Cessna Citation.

Considerando que el aeródromo también es utilizado por el Ejército Peruano acantonado en la localidad (UMAR 5), el cual se abastece por helicópteros MI 17, cuyo peso máximo de despegue es de 13,000 kg, para el diseño del pavimento de la plataforma de estacionamiento de aeronaves, donde se ubicara el Área de Aproximación Final y de Despegue (FATO) de la zona destinada para el helipuerto, se ha tomado en cuenta las operaciones aéreas de estas aeronaves, que para estos fines se considera como una carga estática.

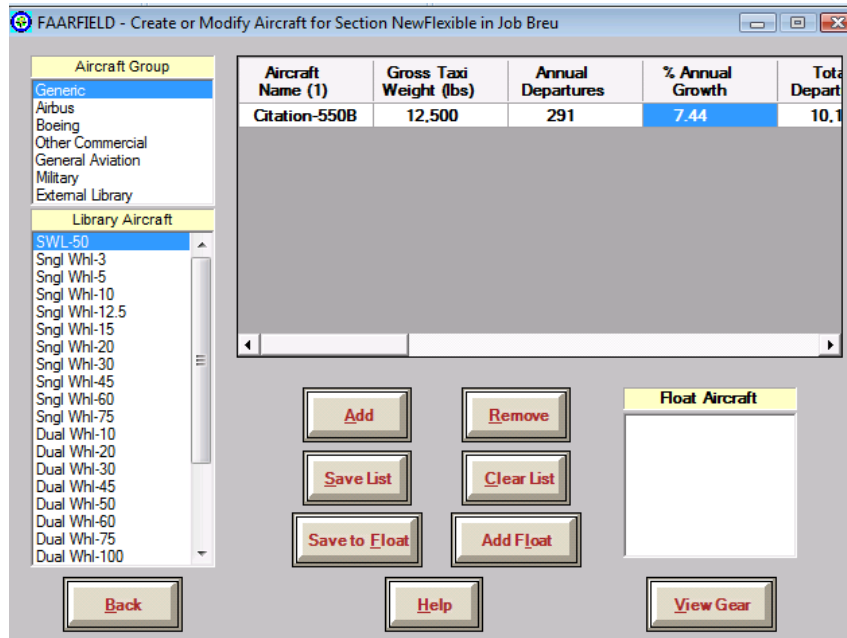
#### DATOS GENERALES DE DISEÑO

- Aeronave de Diseño : Citation – 550B
- Peso Bruto de la Aeronave de Diseño (Despegue) : 5,700 Kg. (12500 Libras)
  - Salidas anuales : 291 (dato de pre inversión)
- Tasa de crecimiento : 7.44% (dato pre inversión)
- Período de Diseño : 20 años
- CBR de subrasante : 4.10%

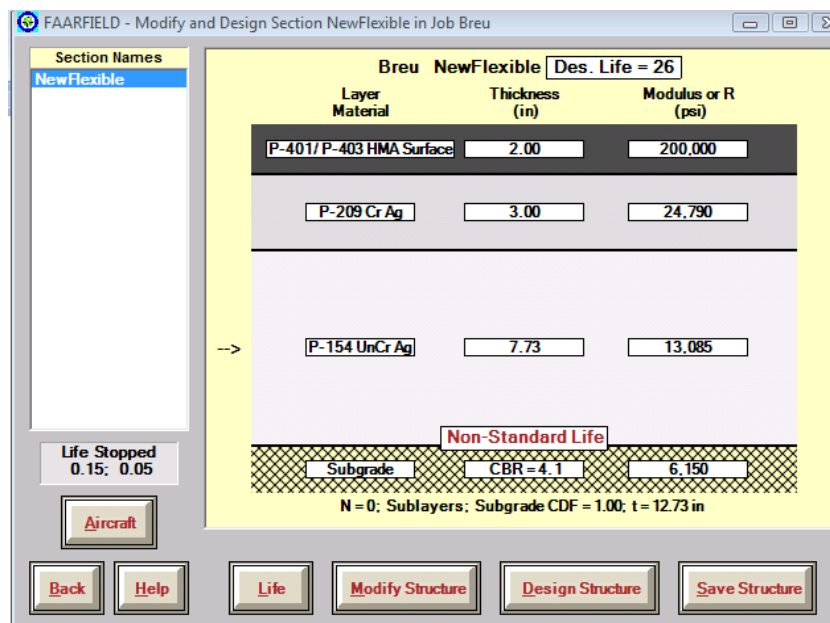
#### APLICACION DE DISEÑO FAARFIELD



Considerando que la librería de aeronaves del programa FAARFIELD no incluye la aeronave De Havilland Canadá DHC6 (Twin Otter), se está adoptando la aeronave Citation 550B que tiene un tren de aterrizaje simple y adoptando un peso equivalente a 12,500 libras.



Una vez ingresada la aeronave Citation – 550B con peso restringido, su proyección de tráfico aéreo y el CBR de diseño de la subrasante, se obtiene la estructura de pavimento propuesta para un periodo de diseño de 26 años, según detalle:



Es de resaltar que no se está tomando en cuenta un mix diverso de aeronaves ligeras teniendo en cuenta que por la disposición del tren de aterrizaje simple que estas disponen, son equivalentes para la transmisión de carga en el pavimento.

Asimismo, se introduce el concepto de espesor equivalente, teniendo en cuenta las diferencias cualidades mecánicas de cada capa del pavimento flexible. El espesor equivalente de una capa es igual al espesor real, multiplicado por un coeficiente de equivalencia. El espesor equivalente del pavimento es igual a la suma de los espesores equivalentes de las capas. Los valores que se indican en la tabla siguiente pueden utilizarse como referencia en el caso de nuevos materiales

Nuevos materiales	Coeficiente de equivalencia
Mezcla asfáltica densa del tipo hormigón	2
Mezcla de arena - grava ligada con asfalto	1,5
Emulsión arena-grava	1,2
Arena-grava tratada con ligantes hidráulicos (cemento, escoria, ceniza, barro)	1,5
Grava machacada de grano uniforme	1
Arena tratada con ligantes hidráulicos (cemento, escoria)	1
Gravilla	0,75
Arena	0,5

#### ESPESOR DEL PAVIMENTO (METODO FAA)

Se obtiene el diseño teórico para los pavimentos del aeródromo:

	Espesores	Coef. Equiv.	Espesor Equivalente
Superficie Asfáltica	2.00" (5.00 cm.)	2	10.00 cm
Base Agregado Triturado	3.00" (7.50 cm.)	1	7.50 cm
Sub Base Granular	7.73" (19.35 cm.)	0,75	14.51 cm
TOTAL	12.73" (31.85 cm)		32.01 cm

### 3.2.2 Diseño Adoptado

Considerando que en una primera etapa los pavimentos del aeródromo es para atender las operaciones de aeronaves ligeras, la no existencia de material gravoso en la zona, inaccesibilidad de la zona para trasladar equipo de envergadura y debido al poco volumen de trabajo no justifica el llevar una planta de asfalto en caliente a la obra, se está adoptando una estructura poco convencional con material de la zona, compuesto de un Mortero Asfáltico de alta calidad como el “Slurry Seal” colocada sobre una capa de base arena-cemento y sub base arena – arcilla.

El diseño de pavimento adoptado debe tener un espesor equivalente igual o menor al del pavimento flexible convencional, según detalle:

	Espesores	Coef. Equiv.	Espesor Equiv.
Mortero Asfáltico “Slurry Seal”	----	---	---
Base Arena – Cemento	8” (20.00 cm.)	1	20.00 cm
Sub Base (Arena-Arcilla)	10” (25.00 cm.)	0.5	12.50 cm
TOTAL	18” (45.00 cm.)		32.50 cm

#### COMENTARIOS:

1. La superficie de rodadura estará conformada con un Mortero Asfáltico de alta calidad como el “Slurry Seal”, de acuerdo al Ítem MASS de las Especificaciones Técnicas Especiales del Proyecto. Previamente se deberá efectuar la imprimación bituminosa de la capa de base mediante Líquido de Pavimentación MC - 30.
2. La capa de Base de Arena – Cemento estará conformada de un espesor de 0.20 m con materiales adecuados, de acuerdo al Ítem P-301 de las Especificaciones Técnicas del Proyecto.
3. La capa de Sub base estará conformada de una mezcla de arena - arcilla de espesor 0.25 m con materiales y en proporciones adecuadas, de acuerdo al Ítem P-154 de las Especificaciones Técnicas del Proyecto, debiendo tener un CBR mayor o igual a 20%.

## COMENTARIOS:

La Pista de Aterrizaje y/o Despegue, Plataforma de Viraje, Calle de Salida y Plataforma de Estacionamiento de Aviones tendrán la misma estructura determinada en el diseño de pavimento adoptada, las mismas que se muestran en el plano de pavimentos.

## PAVIMENTO ADOPTADO PARA LA ZONA DE SEGURIDAD

La estructura de pavimento adoptada para la zona de seguridad será similar al adoptado para la pista de aterrizaje, de tal forma que esté preparada para futura ampliación.

## NUMERO DE CLASIFICACION DEL PAVIMENTO (PCN) DESPUES DE LOS TRABAJOS DE MEJORAMIENTO

De acuerdo a lo señalado en el manual de diseño de Aeródromos - Pavimentos de la OACI para obtener el espesor equivalente del pavimento se considera los materiales, características y valor de resistencia.

Mediante el uso de la fórmula del CBR es posible calcular la carga por rueda simple en términos del PCN, para una presión de neumáticos estándar (1.25 Mpa), así como las características de CBR y espesor total equivalente del pavimento.

$$PCN = \frac{1}{500} \frac{e^2}{\frac{1}{CBR} - 0.025}$$

Donde:

$$e \text{ (espesor equivalente)} = 32.50 \text{ cm}$$

$$CBR \text{ (Capacidad portante del terreno)} = 4.1 \%$$

$$PCN = \frac{1}{500} \times \frac{32.50^2}{1 - 0.025}$$

0.57 x 4.1

Obtenemos : PCN 5/F/D/X/T

Teniendo en cuenta la estructura del pavimento adoptada se deberá tener en cuenta para la Publicación de Información Aeronáutica (AIP) un PCN de 5/F/D/X/T.

### 3.2.3 Diseño de Drenaje

La utilización de un sistema adecuado de drenaje para la evacuación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, resulta vital para la estabilidad y comportamiento de los pavimentos del aeródromo, por lo cual consecuentemente se brinda seguridad a las operaciones de las aeronaves usuarias. Un drenaje inadecuado implica la formación de charcos en la superficie del pavimento, lo cual puede ser resultar un peligro durante los procedimientos de aterrizaje y despegue de los aviones.

Los aeródromos presentan problemas especiales de drenaje, debido a que cubren aéreas extensas, hay condiciones variables de los suelos, cargas concentradas en las pistas, gradientes muy bajas, cursos de aguas superficiales, y como deben estar ubicados en sitios de preferencia planos, carecen de lugares a donde evacuar las aguas: Por ello el sistema debe estudiarse con un criterio económico, utilizando todos los datos disponibles, tales como topográficos, de suelos, napa de agua, intensidad y frecuencia de lluvias, temperaturas, etc.

Estos principios básicos se han tomado en cuenta para proyectar el sistema de drenaje del aeródromo de Breu.

La topografía del terreno y la constitución del material, los cauces de aguas y las condiciones pluviales de la zona donde se emplaza la infraestructura aeroportuaria en estudio, han definido la proyección de un sistema de drenaje superficial, en función

de zanjas de drenaje paralelas, las cuales actuarán de receptoras de las aguas de las precipitaciones pluviales, que serán evacuadas transversalmente en ambos sentidos debido al bombeo de la pista principal.

Antes de realizar cualquier intento de diseño del drenaje superficial, se debe conocer la cantidad de agua que se va desalojar. La cantidad de agua que llegue a un punto por flujo de una tormenta depende del área contribuyente, del tipo y extensión del suelo o superficie en la cual ocurre el flujo así como la pendiente y otros factores topográficos del área que se va drenar.

En la instalación del sistema de drenaje superficial, la cual se realizara mediante canales o zanjas de drenaje, se construirán en línea paralela y en ambos lados de la línea central de la pista de aterrizaje y plataforma de estacionamiento de aviones – calle de salida.

#### DETERMINACION DEL AGUA A EVACUAR

Para la determinación del escurrimiento superficial en aeródromos existen varios métodos comúnmente empleados. Cualquiera de ellos dará resultados satisfactorios, siempre y cuando se interpreten debidamente los factores que intervienen, por lo cual para el presente estudio se empleara la metodología propuesta (Método Racional) por la Federal Aviation Administration (FAA), para el cálculo de la escorrentía; acotándose, que el Método Racional es el método universalmente más aceptado y recomendado por los ingenieros en prácticas de drenaje.

El Método Racional está basado en las relaciones directas entre la lluvia y la escorrentía. Es probablemente el método más ampliamente utilizado hoy en día para la estimación de caudales máximos en cuencas de poca extensión. A pesar de que han surgido críticas válidas acerca de lo adecuado de este método, se sigue utilizando debido a su simplicidad. La descarga máxima instantánea es determinada sobre la base de la intensidad máxima de precipitación y según la relación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = Descarga máxima instantánea (Caudal agua a drenar) en m<sup>3</sup>/seg.

C = Coeficiente escorrentía (Relación volumen escurrimiento-precipitación)

I = Intensidad de precipitación en mm/hora, para frecuencia establecida y para una duración igual al tiempo de concentración.

A = Área de cuenca a drenar hasta el punto de interés. Superficie de proyección horizontal de la cuenca en Hectáreas.

El valor del Coeficiente escorrentía “C”, a utilizar, debe estar basado en el estudio del suelo, la pendiente, las condiciones de la superficie, la permeabilidad del suelo y tomando en consideración los probables cambios futuros en la superficie dentro del área en estudio. Existen valores determinados del coeficiente C, provenientes de diversos estudios al respecto, observándose que estos valores pueden variar de 0.20 a 0.80.

La aplicación del método empírico requiere un considerable número de hipótesis por parte del Ingeniero.

Para el diseño de drenaje, considerando que no se cuenta con información detallada sobre precipitaciones (horaria, diaria, máximas, etc.) en la localidad de Yurua, se empleo la intensidad máxima de 117 mm en 24 horas, ocurrido en el mes de abril de 2008, dato de la estación Meteorológica de Corpac en el Aeropuerto de Pucallpa, información adoptada por la similitud con las características climatológicas al centro poblado de Breu.

Se ha realizado el diseño geométrico de las zanjas de drenaje, dándoles los taludes adecuados y adaptándolas en función a la rasante de la pista principal, de modo que pueda conducir el caudal de las aguas a un punto de distribución sin dañar y perjudicar las condiciones de la infraestructura del aeródromo.

**CAUDAL PARA ZANJAS DE DRENAJE**



Para la determinación del caudal de agua a evacuarse por las zanjas de drenaje paralelas a la pista, se optó por analizar el caso más desfavorable, el cual tiene en cuenta el área de influencia de la franja de pista lado izquierdo (lado sur oeste).

Tomando en cuenta el tramo más crítico de la pista (Km 0+160 al Km 0+720), más el empalme con la calle de salida/plataforma de estacionamiento de aviones y un área adicional de terreno para la futura expansión, se le calculará su coeficiente de escorrentía.

Ancho de franja compuesto de:

a1) Franja de Pista (Km 0+160 a 0+720, a= 30 m):

- Pavimentado (Ap1) = 9.00 m
- Suelo ligeramente permeable sin vegetación (Af1) = 21 m

a2) Franja Plataforma y Calle Salida (Km 0+720 a 0+760, =40m):

- Pavimentado (Ap2) = 26.50 m y 5.25 m
- Suelo ligeramente permeable sin vegetación (Af2) = 13.50 m y 34.75 m.

a3) Franja de terreno adicional (Km 0+000 a 0+160, a= 60 m):

- Suelo ligeramente permeable sin vegetación (af3) = 60 m

Áreas a drenar:

Franja de Pista

Pavimentada=  $9.00 \times 560 = 5,040 \text{ m}^2 \rightarrow Ap1 = 0.504 \text{ Ha}$

Suelo sin veg.=  $21.00 \times 560 = 1,1760 \text{ m}^2 \rightarrow Af1 = 1.176 \text{ Ha}$

Franja Plataforma y Calle Salida

Pavimentada (Área compuesta) =  $3,686 \text{ m}^2 \rightarrow Ap2 = 0.3686 \text{ Ha}$

Suelo sin veg. (Área compuesta) = 3,797 m<sup>2</sup> → Af2= 0.3797 Ha

Franja de terreno adicional sin vegetación:

Futura ampliación pista= 60.00 x 160 = 9600 m<sup>2</sup> → Af3= 0.96 Ha

Zona terminal pasajeros = 34.50 x 80 = 2760 m<sup>2</sup> → Af4= 0.276 Ha

Areas imprevistas (Estimado) Af5= 1.00 Ha

AREA TOTAL ZONA PAVIMENTADA (Ap) = 0.8726 Ha

AREA TOTAL NO PAVIMENTADA (Af) = 3.7917Ha

Coefficiente de escorrentías:

C1 = 0.80 (Pavimento asfaltico)

C2 = 0.30 (Terrenos arcillosos sin vegetación)

Ponderación de Coeficiente de Escorrentía:

$$C_p = C_1 A_1 + C_2 A_2 = 0.394$$

$$A_1 + A_2$$

Calculo del Caudal:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

$$Q = ?$$

$$C = 0.394$$

$$I = 117 \text{ mm/hr}$$

$$A = 4.664 \text{ Ha}$$

Reemplazando:  $Q = 0.597 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

#### DISEÑO DEL CANAL DE DRENAJE:

Fijándonos una sección tipo para un canal trapezoidal (ver plano de drenaje) con un ancho de fondo de 0.80 m, tendremos:

$$F = 0.80 \text{ m}$$

$$Z = 1: 1$$

$$m = 0.025 \text{ (arcilla)}$$

$$S = 0.005 \text{ (variable)}$$

$$Q = 0.597 \text{ m}^3/\text{seg}$$

De acuerdo a la formula de Manning y a las tablas para el diseño de los canales de secciones trapezoidales, se obtiene:

$$Y = 0.33 \text{ m} = 0.35 \text{ m}$$

$$A = 0.3729 \text{ m}^2$$

$$P = 1.733 \text{ m}$$

$$R = 0.215 \text{ m}$$

Del resultado obtenido se observa que en el tramo más crítico de la zanja de drenaje no se debiera tener un valor menor al tirante crítico (0.35 m) adicionado borde libre. Se acota, que en los inicios de tramo zanjas de drenaje se está adoptando una altura de zanja de 0.15 m, considerando que el área a drenar es bastante menor y reducir los volúmenes de excavación de zanjas de drenaje.

Se acota, que a fin de evitar la instalación de alcantarillas en el sistema de drenaje del aeródromo, que en la medida de lo posible se recomienda no utilizar, en algunos tramos de las zanjas de drenaje se está adoptando contrapendientes respecto a la topografía del terreno natural, lo cual va generar alturas de cortes relativamente altos, los cuales tienen la justificación respectiva.

### 3. ESPECIFICACIONES TECNICAS

Para el proceso constructivo del Mejoramiento del Aeródromo de Breu, se usaran las Especificaciones Generales preparadas por la Dirección General de Aeronáutica Civil y otras Especificaciones Técnicas Especiales, a fin de cubrir todos los ítems considerados en el Presupuesto de Obra.

Se deberá conocer la especificación técnica de la partida del Presupuesto, cuyo análisis de precios será determinado.

En dicha especificación técnica se describe el trabajo a realizar, las características técnicas que deberán cumplir los materiales a ser utilizados, esto orientado a la elección del insumo adecuado cuyo precio deberá ser tenido en cuenta en la elaboración del análisis de precios.

Así mismo, en él se indica el equipamiento mecánico con el cual será necesario ejecutar la partida, y los procedimientos constructivos a seguir.

Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de la partida, se puede efectuar una evaluación de la relación de insumos (mano de obra, maquinaria y equipo, y materiales) consignados en el análisis de precios unitarios.

#### **3.1 Especificaciones Técnicas Generales**

Las Especificaciones Técnicas Generales son una traducción y adaptación de las especificaciones “STANDARD SPECIFICATIONS FOR CONSTRUCTION OF AIRPORT” de la Administración federal de Aviación (Federal Aviation Administration – FAA) de los Estados Unidos de América.

A continuación se adjunta los diversos ítems de las especificaciones consideradas para el presente estudio.

## **ITEM-152 - EXCAVACION Y RELLENOS**

### **DESCRIPCION**

152-1.1 Esta partida cubre las actividades relacionadas con la excavación, eliminación, colocación y compactación de todos los materiales que se encuentren dentro de los límites de los trabajos requeridos para construir áreas de seguridad, pistas de aterrizaje, calles de rodaje, aproximaciones así como otras áreas para drenaje, construcción de edificaciones, estacionamientos y otros propósitos de acuerdo con estas especificaciones, en concordancia con las dimensiones y secciones típicas mostradas en los planos.

### **CLASIFICACIÓN**

Todos los materiales excavados se clasificarán como se indica a continuación:

- a. “Excavación no clasificada”. La excavación no clasificada consistirá en la excavación y eliminación de todo el material proveniente de las excavaciones, sin considerar su naturaleza, la cual no puede ser clasificada y pagada por este ítem.
- b. “Excavación en roca” incluye toda la roca sólida, en depósitos, en masas no estratificadas y conglomerados firmemente cementados que no pueden removerse sin el empleo de explosivos ó utilización de roturadores (rippers). Los bloques de piedras que contengan un volumen mayor de 0.4 metro cúbico serán clasificados como “Excavación en Roca”.
- c. “Excavación de material orgánico”. Consiste en la remoción y eliminación de suelos y materia orgánica no apropiados para materiales de cimentación. Incluye los materiales que han sufrido un proceso de descomposición o cualquier otro material que no pueda ser utilizado como relleno de terraplenes.
- d. “Excavación de Drenes”. La excavación de drenes consistirá en toda la excavación que tenga por finalidad el drenaje de un área e incluirá zanjas de drenaje,

interceptores, entradas y/o salidas de alcantarillas; la construcción temporal de diques; o cualquier otro tipo de excavación como se muestre en los planos.

e. “Excavación de préstamo”. La excavación en las áreas de préstamo se realiza en materiales aprobados requeridos para la construcción de rellenos ó en áreas de trabajo donde se tienen materiales excedentes que pueden ser utilizados como rellenos. Los materiales de préstamo podrán ser obtenidos de áreas dentro de los límites de la propiedad del aeropuerto pero fuera de los límites de operación normal y franja de seguridad ó de áreas fuera del aeropuerto.

Todos los materiales excavados serán considerados como “no clasificados” a menos que el Ingeniero especifique otra clasificación en las especificaciones del proyecto. Elimine la clasificación no aplicable al proyecto.

#### EXCAVACIÓN NO UTILIZABLE

Cualquier material que contenga materias vegetales u orgánicas, tales como lodo, turba, limos orgánicos ó serán considerados no apropiados para usarse en la construcción de rellenos. El material que tenga la aprobación del Ingeniero de que no puede emplearse como sustento o desarrollo de vegetación, puede ser utilizado en los taludes de los rellenos.

#### METODOS DE CONSTRUCCION

##### 152-2.1 GENERALIDADES

Antes de empezar en cualquier área las operaciones de excavación ó relleno, ésta debe estar completamente limpia de acuerdo con el ítem P-151.

Los materiales a ser colocados en los terraplenes deben ser aprobados por el Ingeniero. Cualquier material no apropiado será eliminado a botaderos indicados en los planos. Los botaderos deberán contar con buen drenaje del área y de las áreas adyacentes. El nivel final de los botaderos no estará por encima de la elevación de las

áreas adyacentes del aeropuerto a menos que esté especificado en los planos o que lo apruebe el Ingeniero.

Si el Contratista, durante las operaciones de excavación, encontrara restos de importancia histórica ó arqueológica, se interrumpirán las operaciones temporalmente. Bajo la dirección del Ingeniero, el Contratista excavará el sitio de tal manera que preserve los restos encontrados y permita su remoción. Las excavaciones serán pagadas como un trabajo extra.

Las áreas que se encuentren fuera del pavimento, cuya superficie esté compactada debido al tráfico de vehículos u otras actividades del Contratista, serán escarificadas hasta una profundidad de 100 mm. para ablandar y pulverizar la tierra.

Si para la ejecución de los trabajos fuera necesario interrumpir desagües, alcantarillados o drenajes u otras estructuras subterráneas o parte de ellas, el Contratista será responsable de ello, y tomará las precauciones necesarias para proteger y conservar o proveer temporalmente los servicios que prestan dichas estructuras. Cuando sean encontradas dichas instalaciones, el Contratista notificará al Ingeniero, quien determinará su remoción y reubicación si fuera necesario. El Contratista reparará satisfactoriamente, a su costo, ó pagará el costo de los daños a dichas instalaciones ó estructuras ocasionados por sus operaciones durante el periodo del contrato.

## 152-2.2 EXCAVACIÓN

Ninguna excavación se comenzará hasta que se haya nivelado, y medido el terreno y colocado las estacas correspondientes. Todos los materiales excavados que se cumplan con las especificaciones podrán ser utilizados como rellenos de terraplenes ú otros propósitos según sea indicado en los planos. Cualquier material no apropiado será eliminado.

Cuando el volumen de la excavación exceda lo requerido para construir los terraplenes, el exceso podrá ser utilizado para nivelar áreas o eliminado a los botaderos aprobados. Cuando el volumen de la excavación no alcanza para la construcción de rellenos, el déficit será obtenido de las áreas de préstamo.



La pendiente deberá ser tal que la superficie tenga buenas condiciones de drenaje durante todo el tiempo. Si fuera necesario, se instalarán drenes y zanjas temporales para interceptar o desviar el agua que pueda afectar la ejecución o las condiciones de trabajo.

a. Nivelación. Cuando se alcance la gradiente especificada en los planos, el material excavado que cumple las especificaciones se transportará para aprovecharlo en los rellenos y para formar la capa superior de la subrasante de las áreas a pavimentar. Si en el momento de hacer los cortes, no es posible colocar el material en la sección seleccionada de la construcción, se depositará en áreas apropiadas para poder ser medrado con fines de pago según lo especificado en el párrafo 3.3

b. Corte. La roca, conglomerado, roca suelta, bolones de roca u otros materiales que no sean apropiados para ser empleados en las franjas de aterrizaje, la subrasante, caminos, bermas, áreas de empalmes o, cualquier sección que se quiere sembrar con grass, se excavará a una profundidad mínima de 300 mm, o a la profundidad especificada por el Ingeniero, debajo de la superficie proyectada de la subrasante o la gradiente señalada. El material orgánico, la turba, barro, raíces y otros materiales flojos, que no puedan ser utilizados en la conformación de la subrasante, se eliminarán hasta una profundidad adecuada. Los materiales que no cumplan con las especificaciones deberán colocarse en los lugares señalados por el Ingeniero. Los materiales excavados se pagarán al precio unitario fijado en el contrato por metro cúbico. La sección así excavada, será rellena con material apropiado, obtenido de las operaciones de nivelación o de áreas de préstamo y será bien compactada por medio de rodillos. El relleno necesario constituirá una parte del terraplén. Cuando se haga corte en roca y se rellene con material seleccionado, los vacíos que se formen serán drenados de acuerdo con los detalles indicados en los planos.

El Ingeniero determinará el tipo de excavación. Si no se incluyera la excavación en roca ó en turbas en el párrafo 1.2, la excavación se especificará como excavación no clasificada. Los planos mostrarán los detalles para de drenar los vacíos que se presenten en las excavaciones en roca.

c. Material Suelto. El material suelto incluyendo deslizamientos, es aquella porción de cualquier material colocado ó suelto que este cerca al área terminada según lo indicado ó autorizado por el Ingeniero. El Ingeniero determinará si el material debe ser eliminado y su decisión será la final. El material será nivelado ó removido por el Contratista y será depositado según lo dispuesto; sin embargo, no se efectuará pago para la remoción y depósito de este material si el Ingeniero determina que no es indispensable. El material será definido como excavación no clasificada.

d. Remoción de Instalaciones. La reubicación o retiro de instalaciones existentes requeridas para permitir el avance ordenado de los trabajos será realizado por el Contratista, a menos que se indique algo diferente en los planos. Las cimentaciones existentes se excavarán hasta una profundidad de por lo menos 6 cm por debajo de la subrasante o según lo indicado en los planos. Las cimentaciones serán rellenadas con material apropiado y compactado según lo especificado.

e. Requerimientos de compactación. La subrasante de las áreas que van a ser pavimentadas será compactada hasta una profundidad de ( ) y hasta una densidad no menor que ( ) % de la máxima densidad determinada por la norma ASTM ( ).

Subrasante Pavimentos Flexibles. Para aeronaves de eje simple, el Ingeniero especificará la compactación hasta una profundidad de 150 mm y una densidad no menor que el 95% para suelos cohesivos ó 100% para suelos no cohesivos. Para áreas que soporten aeronaves de eje dual tándem, el Ingeniero especificará las profundidades y densidades de compactación requeridas según lo señalado en AC150/5320-6 Capítulo 3, Sección 2.

Subrasante de Pavimentos Rígidos. El Ingeniero especificará las profundidades y densidades de compactación según lo determinado en AC 150-5320-6 Capítulo 3, Sección 3.

El Ingeniero utilizará la norma ASTM D 698 para las áreas destinadas a aeronaves con pesos de 27,200 Kg. ó menos y la norma ASTM D 1557 para áreas destinadas a aeronaves cuyo peso sea mayor que 27,200 Kg.

El pago por excavación de materiales buenos a ser removidos, manipulados y reemplazados con el fin de obtener la profundidad requerida será pagado como excavación no clasificada.

La densidad de campo será determinada de acuerdo con la norma ASTM D 1556 ó ASTM D 2167. Las piedras o fragmentos de roca mayores de 100 mm. En su mayor dimensión no se colocarán en los 15 cm superiores de la subrasante. Las operaciones de nivelación, de acuerdo con la sección transversal típica, serán completadas por lo menos 300 m delante de las operaciones de pavimentación ó según lo disponga el Ingeniero.

En los taludes de secciones en corte, las rocas sueltas o protuberancias se soltarán con barretas o se removerán de otra manera hasta obtener la pendiente del talud definitivo. Todos los taludes cortados o rellenados deben ser aplanados uniformemente hasta darles la pendiente, sección transversal y alineamiento indicados en los planos ó como lo ordene el Ingeniero.

Cuando sea necesario el uso de explosivos, ello se permitirá siempre que se hayan tomado todas las precauciones para proteger las personas, la obra y la propiedad. Cualquier daño que se hiciera a la obra o a la propiedad, se reparará a expensas del Contratista. Todas las operaciones que el Contratista tenga que hacerse en relación con el transporte, almacenamiento y uso de explosivos deberán ser aprobadas por el Ingeniero. Cualquier aprobación que se dé, no exime al Contratista de su responsabilidad en las operaciones de voladura.

Cuando sea aprobado el uso de explosivos, el Contratista con aprobación del Ingeniero empleará los servicios de un especialista que lo asesore en determinar las cargas y analizar los registros obtenidos del sismógrafo. El sismógrafo debe estar en capacidad de dar un registro permanente de los tres componentes del movimiento en términos de velocidad de la partícula, y adicionalmente de calibrarse dinámicamente internamente.

En las áreas donde se realizarán voladuras el Contratista deberá presentar el plan de uso de explosivos y obtener la aprobación de uso por parte del Ingeniero. El Plan deberá incluir todos los factores pertinentes relacionados con el trabajo, dimensión de los taladros, profundidad, espaciamiento, tipo de explosivos, secuencia de los disparos,

cantidad máxima de explosivos, profundidad de la roca y profundidad de la sobrecarga. Este plan debe consistir en los tamaños de los agujeros, profundidad, espaciamiento, tipo de explosivos, tipo de secuencia de disparo, máxima cantidad de explosivos, profundidad de la roca y profundidad de. La carga máxima de explosivos no podrá ser modificada sin autorización del Ingeniero.

El Contratista mantendrá un registro de todos los disparos efectuados, su fecha, tiempo y ubicación, la cantidad de explosivos usada, la carga y si es necesario los registros del sismógrafo identificados con el número del instrumento y ubicación.

Los registros, en forma mensual o en tabulados en otra forma, deben estar disponibles para utilización por el Ingeniero cuando éste los requiera.

#### 152-2.3 EXCAVACIÓN EN ÁREAS DE PRÉSTAMO

Las áreas de préstamo dentro de los límites de propiedad del aeropuerto estarán señaladas en los planos. Las excavaciones para préstamo serán efectuadas sólo en los sitios previamente designados y se excavará dentro de los límites horizontales y verticales según se ordene, los que se indicarán con estacas.

Cuando los lugares de préstamo estén fuera de los límites del aeropuerto y no se hayan especificado en el proyecto, el Contratista será responsable de localizar dichas áreas, y que el material obtenido tenga la aprobación del Ingeniero. El Contratista notificará al Ingeniero por lo menos 15 días antes de comenzar a excavar para hacer las pruebas necesarias. Todo material malo se desechará. Todos los cortes de préstamo se abrirán inmediatamente en forma que se ve la faz vertical de varios estratos de material aceptable para obtener un producto uniforme. Los cortes de préstamo se excavarán dándoles formas y líneas regulares, se les harán drenajes y se tendrá en condición nítida y presentable con todos sus taludes aplanados uniformemente.

#### 152-2.4 EXCAVACIÓN DRENES

La excavación para drenaje consistirá en la excavación de zanjas para drenaje, tales como zanjas de drenaje, interceptores, entradas y/o salidas de alcantarillas; la construcción temporal de diques; o cualquier otro tipo de excavación como se

muestre en los planos. El trabajo se realizará en la secuencia apropiada con las otras construcciones. Todos los materiales apropiados se colocarán en los rellenos; todos los materiales inconvenientes se colocarán en las áreas de depósito o como se ordene. Las zanjas interceptoras se construirán antes de comenzar las operaciones de excavación adyacentes. Se utilizará toda la mano de obra necesaria para asegurar un buen acabado en los alineamientos, alturas y sección transversal.

El Contratista mantendrá las zanjas construidas en el proyecto con la sección transversal necesaria y las mantendrá libres de desperdicios y obstrucciones hasta que el proyecto haya sido aceptado.

### PREPARACIÓN DEL ÁREA DE RELLENO

Cuando se construya un terraplén de 1.20 m de altura ó menos, se eliminarán todos los materiales orgánicos de la superficie sobre la cual se va a construir el terraplén La superficie limpiada será roturada ó escarificada hasta una profundidad de 150 mm. Esta área será compactada según lo indicado en el párrafo 2.6. Cuando la altura del relleno sea mayor de 1.20 m, el terreno no requerida ser removido y será recompartado hasta la densidad de terreno adyacente antes de la construcción del terraplén.

Cuando se vayan a construir terraplenes en pendientes naturales mayores de 3 a 1 horizontal, se construirán banquetas horizontales según lo indicado en los planos.

El Ingeniero incluirá en los planos los detalles de las banquetas según el tipo de material, ángulo de consolidación del material y el grado de homogeneidad del material. El ancho mínimo de la banqueta será el suficiente para que puedan operar los equipos de construcción.

No se hará ningún pago directo por el trabajo realizado bajo esta sección. La limpieza y el roce necesario y el volumen de material removido serán pagados bajo la respectiva partida del trabajo.

### FORMACIÓN DE LOS TERRAPLENES

Los terraplenes se construirán en capas horizontales sucesivas de no más de 200 mm de espesor suelto, en todo el ancho de la sección transversal ó como lo apruebe el Ingeniero.

Las operaciones de nivelación se harán y las capas de suelos se colocarán para formar una estructura de suelo como la mostrada en los planos sección transversal típica o como se ordene. Los materiales, tales como hojas, hierbas, raíces y otros materiales inconvenientes, no serán incorporados en los terraplenes.

Las operaciones de movimiento de tierras se suspenderán en cualquier momento cuando no se puedan obtener buenos resultados debido a precipitaciones, heladas y otras condiciones no satisfactorias en el campo. El Contratista cortará, pasará la cuchilla o dará pendiente a los terraplenes para darle un drenaje apropiado.

El material en las capas debe estar dentro del  $\pm 2\%$  del contenido óptimo de humedad antes del rodillado para obtener la compactación prescrita. Para alcanzar un contenido uniforme de humedad en toda la capa se requerirá humedecer o secar los materiales y manipular cuando sea necesario. Si el material estuviese demasiado húmedo para permitir apropiada compactación o rodillado, todo el trabajo en todas las porciones del terraplén afectado, se demorará hasta que el material haya secado al contenido de humedad requerido. Para obtener el apropiado contenido de humedad se regará el material seco con equipo aprobado que pueda distribuir suficiente cantidad de agua. Todo el tiempo se tendrá disponible el equipo necesario para proporcionar el agua requerida. Se tomarán muestras para probar todos los materiales del terraplén a intervalos frecuentes, tanto antes como después de su colocación y compactación. Con el resultado de esas pruebas se harán las correcciones necesarias, ajustes y modificaciones de métodos y materiales y contenido de humedad para construir los terraplenes.

Se recomienda que los ensayos de densidad sean hechos cada 30 m<sup>3</sup> de material colocado por capa. El Ingeniero podrá establecer otras frecuencias como las apropiadas para el tamaño de la obra. El Ingeniero especificará el contenido apropiado de humedad si fuese necesario (debido a la presencia de suelos expansivos ú otros suelos) realizar ensayos especiales en el contenido de humedad del suelo

durante y antes de la compactación para asegurar la resistencia. Se especificarán los límites de humedad dentro de los rangos aceptables de humedad determinados según ASTM D 698 ó ASTM D 1557.

Las operaciones de rodillado se harán hasta que el terraplén se compacte a no menos de los 95% de la máxima densidad para suelos no cohesivos y 90% de la máxima densidad para suelos cohesivos, como se determina en la norma ASTM. Para todas las áreas que van a ser pavimentadas, la compactación debe realizarse a una profundidad de ( ) y a una densidad no menor de ( ) de la máxima densidad determinada según ASTM ( ).

Subrasante - Pavimentos Flexibles. El Ingeniero debe especificar las profundidades y densidades requeridas de compactación según AC 150/5320-6, Capítulo 3, Sección 3.

Subrasante - Pavimentos Rígidos. El Ingeniero debe especificar las profundidades y densidades requeridas de compactación según AC 150/5320-6, Capítulo 3, Sección 3.

El Ingeniero especificará la norma ASTM D 698 para las áreas destinadas a aeronaves cuyo peso sea 27,200 Kg. ó menos, y la norma ASTM D 1557 para las áreas destinadas a aeronaves cuyo peso sea mayor de 27,200 Kg.

Para los suelos con características expansivas, se determinará la máxima densidad de acuerdo con la norma ASTM; D 698 cualquiera sea el peso de la aeronave.

Las áreas que se encuentran fuera del área a pavimentarse no requerirán compactación en los 100 mm superiores.

La densidad in situ debe ser determinada de acuerdo con la norma ASTM D1556 ó ASTM D 2167.

Las áreas de compactación deben ser mantenidas separadas y no serán cubiertas por otra capa hasta que se haya obtenido la densidad especificada.

Durante la construcción del terraplén el Contratista siempre desplazará su equipo, tanto cuando esté cargado como cuando esté vacío, sobre las capas que se han colocado distribuyéndose el tránsito uniformemente sobre todo el ancho del terraplén. El equipo se operará de tal manera que las capas duras, la arcilla y

otros materiales gruesos de suelos, se rompan en pequeñas partículas y se incorporen dentro de los otros materiales de la capa.

En la construcción de los terraplenes las primeras capas se colocarán en las partes de más profundas de los rellenos; a medida que progrese la colocación las capas se construirán aproximadamente paralelas a la rasante del pavimento terminado.

Cuando se excave roca y otros materiales del terraplén más o menos al mismo tiempo, la roca se incorporará en la parte exterior del terraplén y los otros materiales se incorporarán bajo las áreas que se pavimentarán. No se permitirán en los 150 mm superiores de la subrasante piedras o fragmentos de roca de tamaño mayor a 100 mm, en su mayor dimensión. Los rellenos de roca se harán en las capas como se ha especificado o dirigido y se hará todo esfuerzo para rellenar los vacíos con los materiales finos para formar una masa densa y compacta. Las rocas o pedrones no se colocarán fuera de las excavaciones o terraplenes, excepto en los lugares y de la manera indicada por el Ingeniero.

Cuando en el material excavado predominen fragmentos de roca de tal tamaño que el material no pueda ser colocado en capas según los espesores dados s  
exceden de 60 cm de espesor. Cada capa será nivelada con equipo para nivelación y mediante la distribución de fragmentos finos de roca. No se deben construir estos tipos de por encima de los 120 cm de altura sobre la subrasante terminada. No se tomarán en cuenta los requerimientos de densidad para rellenos contruidos con materiales que no pueden ser ensayados de acuerdo con los métodos especificados.

No se colocará material helado en los rellenos, así como tampoco se colocarán rellenos sobre materiales helados.

todos los costos imprevistos para colocarlo en capas, compactarlos, pasarles discos, regarlos, mezclarlos, darles pendientes y otras operaciones necesarias en los rellenos, ya que estarán incluidos en el precio del contrato para excavación, explotación de préstamos u otros ítems.



El Ingeniero deberá especificar el pago para compactar “rellenos in situ”. En este caso, se debe borrar el párrafo e indicar que el pago a ser efectuado bajo terraplenes y no se realizará cualquier otro pago para excavación, préstamos u otros ítems.

#### 152-2.6 PREPARACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA SUBRASANTE

Después que se ha terminado sustancialmente la subrasante, el ancho total deberá ser completado mediante la remoción de cualquier material suelto que no se encuentre apropiadamente compactado. Las áreas que observen depresiones deberán ser rellenadas y compactadas con material aprobado. Se escarificará, rodillará y se utilizarán los métodos que sean necesarios para que la subrasante alcance los alineamientos y pendientes indicadas en los planos.

Se efectuará la nivelación de la subrasante de forma que drene rápida y efectivamente. El Contratista debe tomar las precauciones que fueran necesarias para proteger la subrasante de cualquier daño. Se debe limitar el tránsito sobre la subrasante terminada a lo estrictamente esencial para propósitos de construcción. Si se forman surcos se volverá a conformar y rodillar la subrasante.

No se permitirá colocar la subbase ó la capa de superficie sobre la parte superior de la subrasante, hasta que la subrasante sea aprobada por el Ingeniero.

#### TRANSPORTE

El transporte se considerará como parte necesaria e inherente del trabajo. El Contratista debe considerar su costo e incluirlo en el precio unitario del contrato para el pago de los ítems de trabajo involucrados. No se hará ningún pago por separado ni directamente por transporte en el trabajo,

#### 152-2.5 TOLERANCIAS

En las secciones donde se va a colocar una sub - base o base, la parte superior de la subrasante debe ser de tal uniformidad que, cuando se pruebe con una regla de 4.80 m, aplicada paralelamente y en ángulo recto a la línea central no tendrá una desviación mayor de 12 mm o no tendrá más 0.015 m de diferencia de la verdadera cota que se ha fijado por las estacas de la rasante. Cualquier desviación en exceso de esas cifras se corregirá ablandando, agregando o

removiendo materiales, volviendo a conformar y recompactando con riego y rodillado.

En las franjas de aterrizaje, intermedias y otras áreas señaladas, la superficie será uniforme, la variación no será mayor de 0.03 m con respecto a la verdadera rasante fijada por las estacas de rasante. Cualquier desviación que exceda esa cifra se corregirá ablandando, añadiendo o removiendo materiales y volviendo a conformar.

#### 152-2.6 TIERRA VEGETAL

Cuando se especifique o requiera tierra vegetal como se indica en los planos o bajo el ítem T-905, ésta se recuperará de las operaciones de desmonte o nivelación. La tierra vegetal debe cumplir con los requerimientos del ítem T-905. Si en el momento de la excavación o desmonte, no se puede colocar la tierra vegetal en el lugar apropiado y definitivo de la construcción, se acumulará el material en lugares apropiados. Las rumas no se colocarán a una distancia no menor de ( ) de las pistas de aterrizaje y ó ( ) de las calles de rodaje y salida y no deben ser colocadas en las áreas que posteriormente requerirán cortes o rellenos. Si, a juicio del Ingeniero, es más práctico colocar la tierra vegetal recuperada al mismo tiempo que las excavaciones, el material será colocado en su posición final sin ni más manipulamiento.

El Ingeniero debe especificar las apropiadas de acuerdo con AC 150/5370-2 Seguridad Operacional en Aeropuertos durante la Construcción, Apéndice 1.

Terminadas las operaciones de nivelación, la tierra vegetal se colocará y manipulará como se indique ó como está requerido en el Ítem P-905.

No se hará ningún pago directo por tierra vegetal aparte de lo señalado en el ítem P-152. La cantidad removida y colocada o apilada se pagará al precio del contrato por metro cúbico de Excavación No Clasificada.

Cuando se acumula tierra vegetal y más tarde se le vuelve a manipular se hará bajo la dirección del Ingeniero, el material así manipulado se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico para Tierra Vegetal según lo previsto en el Ítem T-905.

## **METODOS DE MEDICION.**

La cantidad de excavación a ser pagada será el número de metros cúbicos medidos en su posición original.

La medición no debe incluir la cantidad de materiales excavados no autorizados que estén por debajo de las pendientes ó la cantidad de materiales usados otros propósitos que los dados.

152-3.2 El material de préstamo debe ser pagado según el número de metros cúbicos medidos en su posición original.

152-3.3 Los materiales deben ser pagados según el número de metros cúbicos medidos en la posición tan pronto como el material haya sido

Si el Ingeniero desea especificar algún pago por rellenos colocados in situ en vez de pagar la excavación, se debe borrar el párrafo 3.1 y sustituir por lo siguiente “la cantidad de terraplén a ser pagada debe ser el número de metros cúbicos medidos en su posición final”.

La cantidad a pagar según lo especificado serán los metros cúbicos para todas las (excavaciones) (rellenos), estos metrados deben ser calculados mediante el método de las áreas promedio. El área final es aquella establecida por la línea de terreno original mediante las secciones transversales de campo y la línea teórica final establecida mediante las secciones transversales mostradas en los planos, sujetas a la verificación del Ingeniero. Después de terminarse todas las operaciones de (excavación) (relleno) y antes de la colocación del material de base ó subbase, el Ingeniero debe verificar las (excavaciones) (rellenos) finales mediante promedios de secciones transversales de campo tomadas aleatoriamente a intervalos que no excedan 150 metros.

Se deben emplear las secciones transversales finales de campo, si se efectuaron los siguientes cambios:

Se modificó el ancho de los terraplenes ó excavaciones en más de  $\pm 0.3$  m, ó

Se modificaron las cotas de terraplenes ó excavaciones en más de  $\pm 0.15$  metros.

## **BASES DE PAGO**

“Excavación No clasificada” Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

152-4.2 “Excavación en Roca“ Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

152-4.3 “Excavación en turba” Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

“Excavación Drenes”. Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos (incluye bombeo si no está especificado aparte), herramientas y todo lo necesario para completar este ítem.

152-4.5 “Excavación en préstamos”. Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

152-4.6 Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

152-4.7 “Rellenos In Situ”. Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

Los pagos serán hechos bajo:

Ítem P-152-4.1	Excavación No clasificada – metro cúbico
Ítem P-152-4.2	Excavación en rocas – metro cúbico
Ítem P-152-4.3	Excavación en turbas – metro cúbico
Ítem P-152-4.4	Excavación para drenaje – metro cúbico
Ítem P-152-4.5	Excavación para préstamo – metro cúbico
Ítem P-152-4.6	Material - metro cúbico
Ítem P-152-4.7	Rellenos en sitio – metro cúbico

El Ingeniero debe incluir sólo aquellas partidas o ítems que estén en el presupuesto de oferta.

## **REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS**

ASTM D 698	Relaciones de humedad – densidad en suelos y mezclas de suelos usando el pisón de 2.5 Kg. y caída de 300 mm
ASTMD 1556	Densidad in situ de suelos mediante el cono de arena
ASTMD 1557	Relaciones densidad - humedad en suelos y mezclas de suelos usando el pisón de 4.5 Kg. y caída de 45 cm
ASTMD 2167	Densidad in situ de suelos mediante el volúmetro

## **ITEM P-154 CAPA DE SUBBASE**

### **DESCRIPCIÓN**

154-1.1 Este ítem consistirá en un capa de subbase compuesto de materiales granulares, construida sobre una subrasante preparada de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con las dimensiones y secciones transversales típicas mostrados en los planos.

### **MATERIALES**

154-2.1 MATERIALES. El material de la subbase consistirá en partículas fuertes y durables o fragmentos de agregados granulares. Este material se mezclará con arena fina, arcilla, polvo de piedra u otro material similar producido de fuentes aceptadas. Esta mezcla debe ser uniforme y obedecerá los requisitos de estas especificaciones acerca de la gradación, constantes físicas del suelo y será capaz de ser compactado hasta constituir una subbase densa y estable. El material deberá estar libre de sustancias vegetales, terrones o cantidades excesivas de arcilla, y otras sustancias indeseables o extrañas. Los materiales de las canteras pueden emplearse si cumplen los requisitos especificados.

TABLA 1. REQUISITOS DE LA GRADACIÓN

<b>Designación del Tamiz (aberturas cuadradas) según ASTM C 136</b>	<b>Porcentaje en peso que pasa la malla</b>
<b>3 pulgadas (75.0 mm)</b>	<b>100</b>
<b>No. 10 (2.0 mm)</b>	<b>20 - 100</b>
<b>No. 40 (0.450 mm)</b>	<b>5 - 60</b>
<b>No. 200 (0.075 mm)</b>	<b>0 - 15</b>

La porción del material que pasa la malla No. 40 (0.450 mm) no tendrá un límite líquido mayor de 25 y el índice de plasticidad no mayor de 6, efectuando las pruebas de acuerdo con ASTM D 4318. En los lugares dónde la penetración de la helada resulte un problema, la cantidad máxima de material más fino que el diámetro 0.02 mm deberá ser menor de 3%.

#### MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

154-3.1 GENERALIDADES. La capa de subbase se colocará donde lo indican los planos o como lo ordene el ingeniero. Al material deberá dársele la forma y compactarse dentro de las tolerancias especificadas

Las subbases granulares que, debido al tamaño o la forma de sus partículas, no son suficientemente estables para soportar el movimiento de los equipos de construcción, se estabilizarán mecánicamente a la profundidad necesaria para proporcionar tal estabilidad como lo ordene el Ingeniero. La estabilización mecánica incluirá principalmente la adición de materiales finos como medio para ligar las partículas del material de la subbase lo suficientemente para proporcionarle una capacidad portante de tal manera que la capa no se deforme bajo el tráfico del equipo de construcción. La adición de materiales como medios ligante al de la subbase no aumentarán las constantes físicas de estos últimos sobre los límites especificados.

154-3.2 OPERACIÓN DE LAS CANTERAS. Todos los trabajos relacionados con la limpieza y explotación de las canteras, así como la eliminación de los materiales inadecuados que se encuentren se realizarán a expensas del Contratista. El material para la subbase se obtendrá de canteras o fuentes que han sido aprobadas. El material

en las canteras se trabajará y excavará de tal manera que se asegure un producto uniforme y satisfactorio.

154-3.3 PREPARACION DE LA CAPA SUBRASANTE. Antes de colocar los materiales de la subbase, la capa de la subrasante deberá ser preparada y acondicionada de acuerdo a lo especificado. La capa será verificada, inspeccionada y aceptada por el Ingeniero antes de iniciarse los trabajos de extendido y colocación del material de subbase.

Para proteger la subrasante y asegurar un drenaje adecuado, el extendido de la subbase debe iniciarse a lo largo de la línea central o bombeo del pavimento o en el lado más alto del pavimento en el caso que tenga una sola pendiente.

154-3.4 MATERIALES ACEPTABLES EN ESTADO NATURAL. Cuando el material de la subbase se encuentre en condiciones uniformes y satisfactorias y contiene la humedad requerida, este material aprobado puede transportarse directamente para su extendido y colocación. El material debe obtenerse de las canteras de gravas, reservas existentes, o puede producirse de una planta de chancado. Los materiales de estas fuentes reunirán los requisitos de la gradación, calidad y consistencia. El objeto de esta sección de las especificaciones es asegurar la obtención de materiales que no requieran más mezclado. El contenido de humedad del material debe ser aproximadamente lo exigido para obtener la máxima densidad. Cualquier deficiencia en el contenido de humedad puede corregirse por riego de la superficie o por aeración. En algunos casos puede ser necesario efectuar un mezclado o manipulación adicional antes de la compactación para obtener el contenido de humedad requerido. La operación final consiste en pasar la cuchilla o escarificar, si es necesario, para obtener una superficie uniforme y lisa de acuerdo a los alineamientos y pendientes.

154-3.5 MEZCLADO EN PLANTA. Cuando los materiales de varias canteras serán ligadas y mezcladas, el material de la subbase se procesará en una planta mezcladora central o viajera. El material de subbase junto con cualquier material ligante, será totalmente mezclado con la cantidad de agua requerida. Después de completar el



mezclado, el material se transportará y se extenderá sobre la capa subyacente sin provocar pérdida en el contenido de humedad.

154-3.6 MEZCLADO EN EL LUGAR. Cuando los materiales de diferentes fuentes deben proporcionarse, mezclarse o ligarse en el lugar, las proporciones relativas de los componentes de la mezcla serán diseñados por el Ingeniero.

El material de la subbase se depositará y se extenderá cuidadosamente a un espesor y anchura uniforme. A continuación se extenderá cuidadosamente el ligante, rellenedor u otro material especificado sobre la primera capa. Habrá tantas capas de materiales agregados como lo indique el Ingeniero para obtener la mezcla de la subbase requerida.

Cuando se haya colocado la cantidad requerida de materiales, se combinarán o mezclarán mediante niveladoras, arados de disco, escarificadoras, labradores rotatorios, complementadas por otro equipo conveniente si fuese necesario. La mezcla debe continuarse hasta que el material quede completamente uniforme.

Las áreas de material segregado serán corregidas con la adición de material ligante o relleno y un nuevo mezclado. La cantidad de agua señalada por el Ingeniero debe aplicarse uniformemente antes y durante el proceso de mezclado, si es necesario, para mantener el material con el contenido de humedad requerido. Cuando se ha completado la mezcla y el ligado, el material se extenderá en una capa uniforme que al compactarse cumpla con los requisitos de espesor y de sección transversal típica.

154-3.7 MÉTODOS GENERALES PARA LA COLOCACION. La subbase se deberá construir por capas. Ninguna de ellas deben ser menor de 7.5 cm. ni mayor a 20 cm. de espesor compactado. El material extendido deberá ser de gradación uniforme sin bolsones de materiales finos o gruesos. La subbase no debe extenderse en áreas mayores de 1,700 metros cuadrados durante la compactación a menos que lo permita el Ingeniero. El riego necesario se mantendrá dentro este límite. No debe extenderse material sobre una capa suave o fangosa, con nieve o helada. Cuando se requiera más de una capa, el procedimiento de construcción descrito debe aplicarse similarmente a cada una de ellas.

Durante la colocación y extendido, debe tomarse las precauciones necesarias para impedir la incorporación de materiales de la subrasante, márgenes laterales o mezclas extrañas en la capa de subbase.

154-3.8 ACABADO Y COMPACTACION. Después del extendido o mezclado, el material de la subbase debe ser completamente compactado por medio de rodillos y rociado de agua cuando sea necesario. Debe disponerse del número adecuados de rodillos para manejar adecuadamente la colocación y compactación de la capa de subbase.

La densidad de campo del material compactado será por lo menos el 100 % de la densidad máxima de laboratorio de los especímenes preparados de las muestras del material de subbase entregadas del sitio de trabajo. Los especímenes del laboratorio se ajustarán y probarán de acuerdo con [            ]. La densidad de campo del lugar se determinará de acuerdo con ASTM D 1556 o ASTM D 2167. La humedad óptima del material al inicio de la compactación no será inferior ni tampoco mayor de 1-1/2 puntos porcentuales sobre el contenido óptimo de humedad.

El Ingeniero especificará ASTM D 698 para áreas diseñadas para aeronaves con pesos totales de 60,000 libras (27,200 kg.) o menos y ASTM D 1557 para áreas diseñadas para aeronaves con pesos totales mayores que 60,000 libras (27 200 kg.).

La capa no debe compactarse cuando la subrasante es suave, flexible o cuando el rodillado cause ondulaciones en la subbase. Cuando el rodillado desarrolle irregularidades que excedan de 1.2 cm. con la prueba de la regla de 4.8 m, la superficie irregular debe aflojarse y luego reemplazarse con material del mismo tipo que el usado para construir la capa de subbase, después se rodillará nuevamente hasta alcanzar la compactación especificada.

En los sitios inaccesibles al rodillado, el material de subbase será compactado con pisonos de mano o mecánicos.

El riego durante la compactación, si es necesario, debe ser en las cantidades y con el equipo aprobado por el Ingeniero. No debe añadirse agua en tal cantidad que llegue a la capa subyacente y la resblandezca.

154-3.9 PRUEBA DE LA SUPERFICIE. Después que la capa este completamente compacta, se comprobará su grado de alisamiento, la exactitud de su nivelación y bombeo de la superficie y si hay zonas que no tengan el grado de alisamiento requerido o la exacta nivelación y convexidad se escarificará, modificará y recompactará la superficie según lo ordene el Ingeniero hasta que se obtenga el alisamiento y exactitud requeridas. La superficie acabada deberá ser tal que no exista una variación mayor de 1.2 cm. al pasar la regla de 4.8 m. sobre la superficie paralelamente a la línea central y a ángulos rectos.

154-3.11 ESPESOR. El espesor de la capa de subbase terminada se determinará por pruebas de profundidad o por perforaciones hechas a intervalos, de manera que cada prueba no represente más de 420 metros cuadrados. Cuando el error de espesor es mayor de 1.2 cm., el Contratista corregirá dichas áreas escarificándolas, añadiéndole mezcla adecuada, pasándole el rodillo, regándolas, modificando su forma y acabándolas de acuerdo con estas especificaciones. El Contratista reemplazará a sus expensas, el material de la subbase donde se hicieron las perforaciones de prueba.

154-3.12 PROTECCIONES. El trabajo en la capa de subbase no se ejecutará cuando la subrasante esté húmeda ni cuando la temperatura esté bajo la temperatura de congelación. Cuando la subbase contiene materiales congelados o cuando la capa subyacente esté congelada, el trabajo se paralizará.

154-3.13 MANTENIMIENTO. Después que se haya dado la forma final al material, la subbase deberá mantenerse en buenas condiciones en toda su longitud pasándole una niveladora de motor y rodillos hasta que según el Ingeniero, la subbase reúna todos los requisitos y sea aceptable para la construcción de la siguiente capa.

#### MÉTODO DE MEDIDA

154-4.1 El metrado de la capa de subbase se pagará por el número de metros cúbicos de material de subbase colocado, compactado y aceptado. La cantidad de material en la capa de subbase se medirá en la colocación definitiva basada en las pruebas de espesor tomadas bajo la dirección del Ingeniero, o a razón de una prueba de profundidad para cada 420 metros cuadrados de capa de subbase, o por medio del

computo de áreas promedio obtenido por medio de nivelaciones de precisión aproximadas a 3 mm. más cercano. En cada medición de profundidad, el exceso de espesor en más de 1.2 cm. que el indicado en los planos se considerará como el espesor especificado más 1.2 cm. para los fines del metraje para el pago. Los materiales de Subbase no deberán ser incluidos entre las cantidades de cualquier otra excavación.

## **BASE DE PAGO**

154-5.1 El pago se hará al precio unitario del contrato por metro cúbico para la capa de subbase. Este precio será la compensación total por suministrar todos los materiales, preparación, extendido y compactación de estos materiales; y por toda labor, equipo, herramientas inherentes para completar este ítem.

### **El pago se hará bajo:**

Ítem P-154-5.1          Capa de Subbase - por metro cúbico

## **PRUEBAS REQUERIDAS**

ASTM C 136 Análisis por Tamizado del Agregado Grueso y Fino

ASTM D 698 Relación densidad – humedad del Suelo y de la Mezcla Suelo – Agregado usando un Pisón de 5.5 lb (2.49 kg.) desde una caída de 12 pulgadas (305 mm).

ASTM D 1556          Densidad del Suelo por el Método del Cono de Arena

ASTM D 1557          Relación densidad – humedad del Suelo y de la Mezcla Suelo – Agregado usando un Pisón de 10 lb (4.5 kg.) desde una caída de 18 pulgadas (457 mm).

ASTM D 2167          Densidad del Suelo en el lugar por el Método del Balón de Caucho

ASTM D 4318          Límite líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad del Suelo

## **ITEM P-301 DE BASE DE SUELO CEMENTO**

### **DESCRIPCION**

301-1.1 Este ítem trata de la construcción de una base de un espesor mínimo de 15 cm., mezclando uniforme e íntimamente suelo, cemento portland y agua. También puede formarse la mezcla esparciendo, conformando y compactando, de acuerdo con los requerimientos de estas especificaciones y debe estar conforme a las dimensiones, sección transversal típica, dada en los planos y a los alineamientos y gradientes fijadas por el Ingeniero.

Las pistas, las calles de rodaje o las plataformas pueden construirse por medio de una serie de franjas paralelas de 6 a 9 metros de ancho. A menos que se especifique de otra manera, las juntas longitudinales de construcción se formarán con encofrados laterales temporales, firmemente fijados a la rasante requerida, para permitir una compactación completa y operaciones de acabado en toda su longitud. Los encofrados laterales se quitarán antes de construir las franjas contiguas.

### **MATERIALES**

301-2.1 Cemento portland.- El cemento portland será de calidad uniforme y estará conforme a los últimos requerimientos de AASHO M 85 para el tipo especificado. El cemento portland con aire incorporado estará de acuerdo a los últimos requerimientos de AASHO M 134 para el tipo especificado.

Los contratistas pueden usar cemento a granel sometiendo a la aprobación del Ingeniero los aparatos para manipular, pesar y aplicar el cemento y conocer su rendimiento.

301-2.2 Agua.- El agua para la base será clara y libre de aguas servidas, aceite, ácidos, álcalis fuertes o materias vegetales y se dispondrá de suficiente cantidad para la mezcla y el curado. El de calidad dudosa se probará de acuerdo con los requerimientos de AASHO T 26. La cantidad de agua que se usará en la mezcla variará con el contenido de humedad del suelo.

301-2.3 Suelo El suelo consistirá de un tipo escogido y aprobado.

Estará libre de raíces, hierba, malezas y no contendrá grava o piedra o piedra retenida en la malla de 1 pulgada, o más de 45% retenido en la malla N° 4, como se determina por AASHO T 27.

301-2.4 Material bituminoso Los tipos, grados, especificaciones de control y temperaturas de aplicación para los materiales bituminosos que se usarán para el curado del suelo cemento se dan seguida. El Ingeniero designará el material específico a usarse.

		Tipo y grado
Especificación	Temperatura de aplicación	
Asfalto Líquido		
RC-70	AASHO M 81	120°-160° F
RC-250	AASHO M 81	160° - 200° F
Emulsión asfáltica		
RS-1, RS-2K	ESP.FED.SS-A-674	75° - 130° F

### PRUEBAS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE CEMENTO

301-3.1 Pruebas de laboratorio Antes de construir la base se harán pruebas de laboratorio de los suelos a usarse y se determinará la cantidad de cemento necesario para obtener resultados satisfactorios.

Los materiales convenientes se obtendrán de fuentes aprobadas.

Muestras para pruebas con diferentes contenidos de cemento se compactarán de acuerdo con AASHO T-134 y se determinará la óptima humedad para cada cantidad de cemento. Las muestras que tienen la óptima humedad se someterán a las pruebas

de secado-mojado y hielo-deshielo en acuerdo con AASHO T 135 y 136, respectivamente.

El contenido específico de cemento para la construcción será aquel en el cual la pérdida de peso de las muestras sometidas a 12 ciclos de ya sea secado-mojado y hielo-deshielo no sea mayor que el 14% en suelos granulares, 10% para suelos plásticos, granulares y limosos y 7% para suelos arcillosos.

La resistencia a la compresión de las muestras sumergidas debería aumentar tanto con la edad y con el contenido de cemento.

## **METODO DE CONSTRUCCION**

301-4.1 Limitaciones climáticas La base de suelo cemento no se mezclará ni colocará mientras la temperatura atmosférica esté debajo de 35° F, o cuando las condiciones indiquen que la temperatura bajará de 35° F dentro de las 24 horas, el tiempo esté lluvioso o nublado o cuando la subrasante esté helada. Los requerimientos de temperatura pueden descartarse, pero sólo cuando así lo disponga el Ingeniero.

301-4.2 Equipo El suelo cemento puede construirse con cualquier equipo que satisfaga los requerimientos que se han especificado para pulverizar el suelo, aplicar el cemento, mezclar, regar con agua, incorporar los materiales, compactar, acabar y curar.

Los métodos que se emplean en realizar el trabajo, el equipo y las herramientas que se usan para manipular los materiales y ejecutar el trabajo se someterán a la aprobación del Ingeniero antes que empiece el trabajo.

Cada vez que sea necesario se harán correcciones y los cambios necesarios.

Todo el equipo, herramientas, maquinaria y plantas deberán mantenerse en condiciones satisfactorias de trabajo.

301-4.3 Encofrado Los encofrados pueden ser de madera o de metal y se colocarán a los alineamientos y rasantes, como han sido indicados por el Ingeniero. Los

encofrados de madera no tendrán menos de 3.00 metros de longitud y su ancho será igual al espesor de la base compactada.

El espesor será el señalado en el expediente y los planos correspondientes.

Toda la madera será de buena calidad, derecha, bien seca, limpia, sin defectos que puedan deteriorar su utilidad. Las formas defectuosas, combas, cuarteadas, usadas o con otras fallas se descartarán.

Los rieles de acero serán de una sección que comúnmente se requiere en los pavimentos de concreto de cemento portland. Serán de una altura por lo menos igual al espesor en el borde del trabajo señalado. Serán derechos y su longitud mínima será de 3 m.

Cuando lo ordene el Ingeniero no se usarán encofrados en los lados. En tales casos se permitirá que el equipo de esparcido y suministro de mezcla para la base, haga un esparcido continuo y satisfactorio del material en una o dos franjas en construcción y lo compacte al apropiado espesor y perfil. Cuando el espesor compactado debe ser mayor de 20 cm. Se colocará en varias capas.

301-4.4 Preparación El área que se va a pavimentar se nivelará y se formará a la rasante, alineamiento, espesor y sección transversal típica que se da en los planos y a los alineamientos y gradientes establecidas. Las áreas blandas o suaves de la subrasante se removerán y reemplazarán con materiales y se compactarán como se ha especificado.

301-4.5 Pulverización El suelo para la capa de base se pulverizará para que al hacer la mezcla húmeda, el 100% del peso seco pase la malla de 1 pulgada y un mínimo del 80% pase la malla N° 4, menos la grava o la piedra retenida en ésta misma malla.

301-4.6 Aplicación, mezclado y esparcido del cemento La mezcla del suelo, cemento y agua se hará ya sea por el método de mezcla en sitio o por mezcla en planta central.

El porcentaje de humedad del suelo en el momento de aplicar el cemento no excederá la cantidad que permita una mezcla íntima y uniforme del suelo y el



cemento durante las operaciones de mezclado, y no excederá la óptima humedad contenida especificada para la mezcla de suelo cemento.

Método A. Mezcla en sitio La cantidad especificada de cemento se esparcirá uniformemente sobre el suelo.

El cemento que ha sido desplazado se reemplazará antes que el mezclado comience. Después de aplicar el cemento se mezclará con el suelo. La mezcla continuará hasta que el cemento haya sido suficientemente combinado, para evitar la formación de bolas de cemento se aplique el agua previa pulverización.

Inmediatamente después que el suelo y el cemento se han mezclado se incorporará el agua en la mezcla. Se evitará la excesiva acumulación de agua sobre o cerca de la superficie. Se proveerá el suministro de agua y equipo de distribución a presión para asegurar la aplicación de toda el agua de la mezcla dentro de 3 horas, en la sección que se está procesando. Después que se ha aplicado toda el agua continuará la mezcla íntima y uniforme de suelo, cemento y agua.

Método B. Mezcla en planta central El suelo, cemento y agua se mezclarán en una amasadora o en plantas de tipo por tandas o mezcla continua. La planta estará equipada con alimentadores provistos de dispositivos de medida para poner en la mezcla cantidades especificadas de suelo, cemento y agua. El suelo y el cemento se mezclarán lo suficiente para prevenir la formación de bolas de cemento cuando se añada el agua. El mezclado se continuará hasta obtener una mezcla íntima y uniforme de suelo, cemento y agua.

La mezcla se transportará a la obra en camiones equipados con cubiertas protectoras. La mezcla se colocará sobre la subrasante humedecida en una capa uniforme por medio de esparcidores apropiados. No habrá un lapso mayor de 30 minutos en la colocación del suelo-cemento entre franjas adyacentes, excepto cuando se usa encofrado.

La capa de suelo-cemento será uniforme en espesor y perfil y se colocará en tal cantidad que la base terminada se conformará a la gradiente y sección transversal

requeridos. No se permitirá el vaciado de la mezcla en montones o camellones sobre la subrasante.

No más de 60 minutos será el lapso entre el comienzo del humedecimiento de la mezcla y el comienzo de la compactación del suelo cemento.

301-4.7 Compactación Al comenzar el porcentaje de humedad de la mezcla y en los terrones de suelo no pulverizado, basados en los pesos secados en la estufa, no estará por debajo ni será mayor que dos por ciento del contenido óptimo de humedad especificado y será menor que la cantidad que pueda causar que la mezcla de suelo cemento se vuelva inestable durante la compactación y el acabado.

El óptimo contenido de humedad y la densidad especificada se determinarán en el campo por la prueba de densidad-humedad especificadas en AASHTO T-134, realizada con nuestras representativas de las mezclas de suelo cemento obtenidas con nuestra representativas de las mezclas de suelo cemento obtenidas del área que está en proceso y en el momento que comienza la compactación.

Antes que comience la compactación la mezcla estará suelta en todo su espesor. Luego la mezcla suelta se compactará uniformemente a la densidad especificada en 2 horas. Durante las operaciones de compactación puede ser necesario conformar la mezcla para obtener compactación uniforme y llegar la rasante.

301-4.8 Acabado Después de la compactación la superficie de suelo cemento se conformará a los requeridos alineamientos y sección transversal. Si es necesario, durante las operaciones de conformación, la superficie de la base se escarificará ligeramente para remover cualquier huella de las llantas o superficies suaves dejadas por el tráfico del equipo. Luego la superficie resultante se compactará a la densidad especificada. Si es necesario, el rodillado se completará con una pasta de una rastra con escoba.

Durante las operaciones de acabado el contenido de humedad del material de la superficie debe ser el óptimo. La compactación de la superficie y el acabado, en 2 horas, formará una superficie densa, suave, sin capas separadas de compactación, grietas, rebordes o material suelto.

Cualquier porción del suelo cemento que tiene una densidad menor de la especificada en 80 kg/m<sup>3</sup> (5 lbs/pie<sup>3</sup>), se corregirá o reemplazará para satisfacer las especificaciones.

301-4.9 Construcción de juntas Al fin de cada día de trabajo se formará una junta de construcción transversal con un travesaño o cortando el material compactado para formar una verdadera cara vertical transversal.

La protección prevista para la colocación de la construcción de las juntas permitirá la colocación, el esparcido y la compactación del material de la base, sin dañar el trabajo previamente extendido. Donde es necesario operar o dar vuelta a cualquier equipo sobre la capa de base completada, se proveerá suficiente protección y cubierta para prevenir daños a la superficie terminada. Se tendrá una provisión de estereras o tablonces de madera y se usarán como sea aprobado y dirigido por el Ingeniero.

Deberá tenerse cuidado para asegurar una completa compactación del material de la base inmediatamente adyacente a todas las juntas de construcción. Cuando se esparce o compacta material de base adyacente a la franja previamente construida, deberá tenerse cuidado para no dañar la parte ya construida.

301-4.10 Protección y curado Después que la capa de base se ha terminado como se ha especificado, ella se protegerá del secado por un período de 7 días aplicando material bituminoso u otro método aceptado. El método de curado comenzará tan pronto como sea posible, pero no más tarde que 24 horas después que se han terminado las operaciones de acabado.

La capa de base terminada se mantendrá húmeda continuamente hasta que se coloque el material de cura.

El material bituminoso especificado se aplicará uniformemente a la superficie de la capa de base terminada a razón aproximadamente 0.9 galones por metro cuadrado, con un equipo de calentamiento y distribución aprobado. La cantidad exacta y la temperatura de aplicación para cubrir completamente, sin excesivo escurrimiento, serán como se haya especificado.

En el momento que el material bituminoso se aplique la superficie será densa, estará libre de todo material suelto o extraño y tendrá suficiente humedad para evitar la penetración del material bituminoso. Se aplicará agua en suficiente cantidad para llegar los vacíos de la superficie antes de aplicar el material bituminoso de cura.

Puede ser necesario transitar por la superficie cubierta con material bituminoso antes que haya secado suficientemente; para evitar que sea levantado, se aplicará antes de tal uso, una cubierta de material granular.

El material de cura se mantendrá y se aplicará como sea necesario por el contratista durante un período de 7 días de protección, de modo que todo el suelo-cemento será cubierto efectivamente durante ese período.

Las partes terminadas de suelo cemento que se usarán por el equipo de construcción y las secciones adyacentes se protegerán para evitar que el equipo destruya o dañe el trabajo terminado.

Cuando se espera que la temperatura del aire va a alcanzar el punto de helada, se dará suficiente protección el suelo cemento durante 7 días después de su construcción y hasta que haya endurecido.

Puede usarse otros materiales para el curado tales como la paja húmeda o el heno.

301-4.11 Limitaciones en la construcción Cuando cualquiera de las operaciones, después de la aplicación del cemento, se interrumpen por más de 30 minutos, o cuando la mezcla de suelo cemento sin compactar es mojada por la lluvia, de modo que el contenido de humedad es ligeramente excesivo, la decisión para reconstruir la parte afectada depende del Ingeniero. En el caso, que la mezcla sin compactar, mojada por la lluvia, excede la tolerancia de la humedad contenida especificada, el contratista a sus expensas reconstruirá la parte afectada. Todo el material a lo largo de las juntas longitudinales y de las transversales de construcción que no han compactado bien se removerá y reemplazará a expensas del contratista con la apropiada humedad y, la mezcla de suelo cemento, se compactará a la densidad especificada.

301-4.12 Pruebas de la superficie La superficie terminada no variará más de 10 mm. cuando se pruebe con una regla de 5.00 m. aplicada paralela o en ángulo recto al eje longitudinal del pavimento.

301-4.13 Espesor El espesor de la capa de base de suelo cemento se determinará midiendo de sondaje obtenidas en la base terminada o midiendo el espesor en las perforaciones cavadas en la base a intervalos tales que cada prueba represente no más de 240 metros cuadrados.

El espesor promedio de la base construida durante un día estará entre 12 mm. del espesor indicado en los planos, excepto que el espesor en cualquier punto variará hasta los 18 mm. del espesor indicado en los planos. Donde el espesor obtenido por las medidas hechas en un día de construcción no está dentro de la tolerancia dada, el Ingeniero evaluará el área y determinará si, en su opinión, debe ser reconstruida a expensas del contratista o la deficiencia se deduce del total del material colocado.

301-4.14 Mantenimiento El contratista deberá conservar a sus expensas toda la capa de base entre los límites de su contrato, en condición satisfactoria para el Ingeniero, desde el momento que comienza hasta que todos los trabajos hayan sido completados. El mantenimiento incluirá la reparación inmediata de cualquier defecto que pueda presentarse ya sea antes o después de la aplicación del cemento. El trabajo se hará por el contratista a sus propias expensas y se repetirá tan a menudo como sea necesario para mantener el área intacta durante todo el tiempo. Las reparaciones se harán de tal manera que aseguren la restauración de una superficie uniforme y la duración de la parte reparada. Las fallas en el trabajo deben reemplazarse en toda la profundidad del tratamiento. Cualquier área baja se remediará reemplazando el material en toda la profundidad del tratamiento, más bien que agregando una capa delgada de suelo cemento al completar el trabajo.

### **METODO DE MEDIDA**

301-5.1 El área de capa de base de suelo cemento a pagarse será el número de metros cuadrados de la capa de base terminada y aceptada.

### **BASES DE PAGO**

301-6.1 El pago se hará al precio unitario del contrato por metro cuadrado de capa de base de suelo cemento. Este precio será la compensación total por suministrar todos los materiales, y para preparar, entregar, colocar y mezclar todos esos materiales y por toda labor, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar este Ítem.

#### ITEM P-602 CAPA DE IMPRIMACION BITUMINOSA

##### DESCRIPCIÓN

602-1.1 Este ítem consistirá en la aplicación de material bituminoso sobre la capa de base preparada en acuerdo a estas especificaciones y en íntima concordancia con lo mostrado en los planos.

##### MATERIALES

602-2.1 MATERIAL BITUMINOSO. Los tipos, grados, control de especificaciones, y temperaturas de aplicación del material bituminoso están dados en la tabla N° 1. El Ingeniero designará el material específico a ser usado.

TABLA 1. MATERIAL BITUMINOSO

TIPO Y GRADO	ESPECIFICACIÓN	TEMPERATURA DE APLICACIÓN (1)	
		GRADO °F.	GRADO °C.
Asfalto Emulsificado			
<b>SS-1, SS-1h-</b>	ASTM D 977	70 - 160	20 – 70
MS-2, HFMS-1	ASTM D 977	70 - 160	20 – 70
CSS-1, CSS-1h	ASTM D 2397	70 - 160	20 – 70
CMS-2	ASTM D 2397	70 - 160	20 – 70
Asfalto Diluido			
RC-30	ASTM D 2028	80+	30+
RC-70	ASTM D 2028	120+	50+
RC-250	ASTM D 2028	165+	75+

La temperatura máxima para el asfalto diluido deberá ser cuando ocurra niebla envolvente.

## MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

602-3.1 LIMITACIONES DE TIEMPO. La capa de imprimación bituminosa solamente se aplicará cuando la superficie existente este seca o contenga suficiente humedad para permitir una distribución uniforme del material bituminoso, cuando la temperatura atmosférica es superior de 60 °F (15 °C), y cuando el tiempo no es brumoso o lluvioso. Los requerimientos de temperatura pueden omitirse, pero sólo por indicación del Ingeniero.

602-3.2 EQUIPO. El equipo que utilizará el contratista deberá incluir un distribuidor a presión autopulsado y equipado para calentar el material bituminoso.

El distribuidor será diseñado, equipado, mantenido y operado para que el material bituminoso pueda aplicarse uniformemente en anchos uniformes de la superficie con

la proporción y temperatura especificada. La variación admisible de la proporción especificada no excederá de 10 por ciento. El equipo distribuidor deberá incluir un tacómetro, manómetro, dispositivos medidores de volumen o un tanque calibrado, y un termómetro para medir temperaturas de los contenidos del tanque. El distribuidor será autopropulsado y se equipará con una unidad de poder para la bomba y completado por una palanca ajustable lateralmente y verticalmente para circulación del riego.

Se proveerá de una escoba mecánica y/o soplador que mantendrá los requerimientos de limpieza de la superficie a ser tratada.

### 602-3.3 APLICACIÓN DEL MATERIAL BITUMINOSO.

Inmediatamente antes de aplicar la capa de imprimación bituminosa, se barrerá todo el ancho de la superficie a ser imprimado con una escoba mecánica para eliminar todos los materiales sueltos, polvo, y otros materiales inaceptables.

El material bituminoso incluido el solvente se aplicará uniformemente con un distribuidor bituminoso a razón de 0.25 a 0.50 galones por yarda cuadrada (1.20 a 2.40 litros por metro cuadrado) dependiendo de la textura de superficie de la capa de base. El tipo de material bituminoso y la proporción de la aplicación se aprobarán antes de la aplicación por el Ingeniero.

Después de la aplicación se dejará que se seque la superficie imprimada por un periodo no menor de 48 horas, o por un periodo de tiempo adicional que fuera necesario, para permitir que se seque sin que sea dañada por el tráfico o equipo. Tal periodo será determinado por el Ingeniero. La superficie será mantenida por el Contratista hasta que la capa de superficie sea colocada. Las precauciones convenientes serán tomadas por el Contratista para proteger la superficie imprimada contra el daño durante este intervalo de tiempo, inclusive extenderá la cantidad necesaria de arena para eliminar cualquier exceso de material bituminoso.

### 602-3.4 RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA RESPECTO AL MATERIAL BITUMINOSO.

Las muestras del material bituminoso que el contratista propone utilizar junto con el informe del origen y características de tales



materiales, deben presentarse y obtener su aprobación antes que se inicie su utilización. El Contratista solicitará al fabricante o productor de los materiales bituminosos que suministre un material que este sujeto a este y todos los requerimientos pertinentes del contrato. Solamente se aceptará aquellos materiales que se haya demostrado por medio de pruebas de servicio, que son satisfactorios.

El Contratista obtendrá un certificado de los ensayos del vendedor para cada unidad de carga, o su equivalente, del material bituminoso enviado al proyecto. El informe se entregará al Ingeniero antes de autorizarse el uso del material. La entrega del informe de las pruebas del material bituminoso por el vendedor, no se aceptará como base para su aceptación final. Todos los informes de las pruebas se someterán a una comprobación por medio de ensayos de las muestras de los materiales como se han recibido para su utilización en el proyecto.

602-3.5 FACTURA DE FLETES PESO. Antes de la estimación final se permite, que el Contratista archive con el Ingeniero las facturas de embarque que se han hecho, y certificados de las facturas de pesos cuando se reciben los materiales bituminosos, a fin de determinar la cantidad realmente usada en la construcción y cubierta en el contrato. El Contratista no moverá el material bituminoso del carro tanque o tanque de almacenamiento hasta la parada y toma inicial de las temperaturas el Ingeniero, ni se soltara el carro tanque o tanque de almacenamiento hasta la toma final por el Ingeniero.

Las copias de facturas de flete y pesa se entregarán al Ingeniero durante el progreso del trabajo.

#### MÉTODO DE MEDIDA

602-4.1 El material bituminoso para la capa de imprimación bituminosa se medirá por [galón (litro)] [ton (kg.)]. El volumen se corregirá para un volumen a 60 °F (15 °C) de acuerdo con ASTM D 1250 para asfaltos reducidos y Tabla IV-3 del Manual del Instituto del Asfalto MS-6 para asfaltos emulsionados.

#### BASE DE PAGO

602-5.1 El pago se hará por precio de unitario del contrato por [galón (litro)] [tonelada (kg.)] para la capa de imprimación. Este precio representará la compensación total por el de todos los materiales y por toda preparación, entrega, y aplicación de los materiales, y por toda labor, equipo, herramientas, e incidentes necesarios para completar este ítem.

El pago se hará bajo:

Ítem P-602-5.1 : Capa de Imprimación Bituminosa - por [galón (litro)] [ton(kg.)]

### **REQUISITOS DE LOS MATERIALES**

ASTM D 977 : Asfalto Emulsificado.

ASTM D 2028: Asfalto Reducido (De calidad de Curado Rápido)

ASTM D 2397: Asfalto Emulsificado Cationico.

### **PRUEBAS REQUERIDAS**

**ASTM D 1250 : Tablas de Medida de Petróleo.**

Instituto del Asfalto

MS-6 Tabla IV-3 : Corrección Temperatura – Volumen para  
Asfaltos Emulsificados.

### **ITEM L-110 INSTALACION DE DUCTOS ELECTRICOS**

#### **SUBTERRANEOS PARA AEROPUERTOS**

110-1.1 Este Ítem consistirá en la instalación de ductos eléctricos subterráneos de acuerdo con esta especificación en la ubicación y con las dimensiones, diseños y detalles mostrados en los planos. Este ítem incluirá la instalación de todos los ductos eléctricos o conductos subterráneos, también incluirá la construcción de zanjas,

rellenos, remoción y restauración de cualquier área pavimentada; buzones, revestimientos de concreto, raspado, instalación de cables de arrastre de acero y marcas de ductos completo listo para la instalación de cables, a satisfacción del Ingeniero.

## **EQUIPO Y MATERIALES**

110-2.1 Generalidades.- Todo el equipo y materiales cubiertos por las especificaciones en referencia estarán sujetos a aceptación por medio de un certificado del fabricante de haber cumplido con la especificación correspondiente, cuando así lo requiera el Ingeniero.

110-2.2 Ductos de fibra bituminosa.- Los ductos de fibra bituminosa y acoplamientos deben cumplir con los requisitos de la Especificación Federal M-C-581 o W-C-575 y debe ser uno de los siguientes, según se indique en la propuesta:

- (a) Tipo I, para revestimiento de concreto
- (b) Tipo II, para enterramiento directo.

110-2.3 Ductos de cemento-asbesto.- Los ductos de cemento-asbesto y acoplamientos deben cumplir con los requisitos de la Especificación Federal W.C-571 y debe ser uno de los siguientes, según se indique en la propuesta:

- (a) Tipo I, para revestimiento de concreto
- (b) Tipo II, para enterramiento directo.

Ductos de arcilla y esteatita.- Los ductos de arcilla y esteatita y acoplamientos deberán ser de la mejor calidad comercial.

110-2.5 Conductos de acero.- Los conductos rígidos de acero y acoplamientos deben cumplir con los requisitos de la Especificación Federal WW-C-581.

110-2.6 Concreto.- El concreto debe cumplir con el ítem P-610, Concreto Estructural de Cemento Portland, usando agregado de 1 pulgada como tamaño máximo.

110-2.7 Conductos plásticos.- Los conductos plásticos y acoplamientos deben cumplir con los requisitos de la Especificación Federal W-C-1094 y debe ser uno de los siguientes, según se indique en la propuesta:

(a) Tipo I - Aceptable para uso subterráneo ya sea enterrado directamente o revestido con concreto.

(b) Tipo II - Aceptable para uso externo o subterráneo.

### **METODOS DE CONSTRUCCION**

110-3.1 Generalidades.- El Contratista debe instalar ductos subterráneos en las ubicaciones aproximadas que señalan los planos de replanteo del Aeropuerto. El Ingeniero deberá indicar las zonas específicas a medida que avance el trabajo. Los ductos deberán ser del tipo, material y tamaño indicados en los planos o especificaciones. Cuando los planos o especificaciones no indiquen dimensiones, los ductos no deberán ser menores de 3 pulgadas de diámetro interno. Todas las líneas de ductos deberán ser colocadas de manera que tengan una pendiente inclinada hacia los buzones y terminales, para drenaje. La pendiente debe ser por lo menos de 3 pulgadas por cada 100 pies (0.25%). En corridas en las que no sea práctico mantener la pendiente en un solo sentido, las líneas de ductos deberán tener pendiente en dos direcciones a partir del centro, hacia los buzones o terminales. Debe evitarse los bolsones o trampas que pudieran acumular agua.

El Contratista limpiará cada ducto. Deberá pasarse a través de cada ducto, un mandril con extremo de acero, menor que el orificio del ducto, pero en no más de ¼ pulgada, mediante varillas unidas. El mandril debe tener una empaquetadura de cuero o jebe ligeramente mayor que el diámetro del hueco.

Todos los ductos instalados deben estar provistos de un cable de arrastre de acero o hierro galvanizado para jalar el cable permanente. En los buzones debe dejarse una

longitud suficiente para doblar el cable de arrastre a fin de impedir que se deslice nuevamente hacia adentro del ducto. Donde se coloquen ductos para uso futuro, tal como se indica en los planos, los extremos abiertos deberán taponarse con tapas encintadas retirables, diseñadas por los fabricantes de ductos, o con tarugos de madera dura que se adapten con precisión a la forma del ducto y cuyo extremo más grande sea por lo menos  $\frac{3}{4}$  pulgada más grande que el diámetro del ducto.

Todos los ductos deberán ser sujetos con seguridad en su lugar durante la construcción y el avance del trabajo y deben ser tapados para impedir la filtración de mortero, agua o tierra. Cualquier sección de ducto que tenga una junta defectuosa no debe ser instalada.

Todos los ductos, con excepción de los conductos de acero, instalados bajo las pistas de aterrizaje, carreos, accesos y otras áreas pavimentadas deben ser recubiertos con una envoltura de concreto.

Donde el césped esté bien conservado y se puede remover en champas, éstas deben ser cuidadosamente guardadas.

Las zanjas para los ductos pueden ser excavadas a mano o con zanjadoras mecánicas. Las paredes de las zanjas deben ser esencialmente verticales a fin de alterar lo menos posible la superficie de los bordes. No se deberá usar la cuchilla de motoniveladoras para construir las zanjas. El Contratista deberá determinar el tipo de suelo o roca que se va a excavar antes de presentar su propuesta. Toda la excavación debe ser no clasificada.

110-3.2 Ductos revestidos en concreto.- A menos que los planos indiquen otra cosa, los ductos revestidos en concreto deben instalarse de tal forma que la parte alta del revestimiento de concreto esté por lo menos 45 cm por debajo de la subrasante terminada cuando sean instalados debajo de pistas de aterrizaje, carreos, plataformas u otras áreas pavimentadas; y no menos de 45 cm por debajo de la rasante terminada cuando se trate de áreas sin pavimentar. Los ductos debajo de áreas pavimentadas deben prolongarse por lo menos 90 cm. más allá de los bordes del pavimento a 90 cm. más allá que cualquier subdren que hubiera sido instalado a lo largo del área

pavimentada. Las zanjas para ductos revestidos de concreto deben ser totalmente abiertas antes de vaciar el concreto, a fin de que si se encuentra alguna obstrucción, ésta pueda ser oportunamente evitada. Todos los ductos que van a ser revestidos con concreto deberán ser colocados sobre una capa de concreto de no menos de 3 pulgadas de espesor antes de su asentamiento inicial. Cuando dos o más ductos vayan a ser revestidos de concreto, el Contratista deberá espaciarlos no menos de pulgada y media (medidas entre paredes exteriores) usando espaciadores aplicables al tipo de ducto. A medida que progrese la colocación de los ductos, debe colocarse concreto de por lo menos tres pulgadas de espesor a los lados y encima del ducto. Donde fueren necesarios acoplamientos o campanas terminales, éstos deben ser instalados a ras con el concreto de recubrimiento.

Cuando así se especifique, el Contratista deberá reforzar el fondo, tope y lados del revestimiento con malla de acero u otro refuerzo metálico aprobado. Cuando se ordene, el Contratista deberá proporcionar soportes adicionales donde el suelo sea blando y pantanoso, donde los ductos crucen debajo de carreteras o donde por cualquier otra razón lo indiquen los planos. Bajo tales condiciones, la estructura completa de los ductos deberá estar apoyada en zapatas de concreto reforzado, pilares o pilotes ubicados aproximadamente cada 1.5 m.

Cuando se especifique ductos de arcilla o esteatita, éstos deberán instalarse con revestimiento de concreto tal como se ha descrito anteriormente. Los conductos de arcilla deberán ser del tipo de un solo hueco. Donde se use ductos simples de arcilla del tipo de junta de autocentrado, el conducto deberá ser resanado, hilera por hilera, y separado solamente con suficiente mortero o concreto con agregado fino para proporcionarle una cimentación uniforme que rellene todos los huecos y vacíos entre ductos. Los ductos simples deben ser colocados juntos y las uniones deberán ser recubiertas con mortero de cemento Portland. Primero deberá colocarse una empaquetadura aceptable (de jebe u otro material aprobado), en el receptáculo terminal del ducto, antes de la operación de unión, a fin de evitar la entrada de mortero al ducto.

Cuando se usen los ductos de conducto cuadrado, simples o múltiples, las unidades se alinearán por lo menos con cuatro pines de acero y las juntas se envolverán con

cinta para ductos de 6 pulgadas de ancho, traslapadas 6 pulgadas. Todas las juntas de un agrupamiento de ductos simples deberán disponerse alternadas, empezando uniformemente desde los buzones, mediante longitudes cortas de 6, 8, 9, 12 y 15 pulgadas. Debe vaciarse mortero alrededor de todas y cada una de las juntas. Los vacíos en el grupo de ductos, causado por la forma externa de las esquinas del conducto, también deberán rellenarse con mortero. El acoplamiento y las juntas en los ductos de esteatita deben hacerse de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

110-3.3 Ductos sin revestimiento de concreto.- Las zanjas para las líneas de ductos simples deberán tener ancho no menor de 6 pulgadas de 12 pulgadas, y la zanja para dos o más ductos instalados al mismo nivel, deben tener un ancho proporcional. Los fondos de las zanjas para ductos sin revestimiento de concreto deberán ser construidos con precisión para acomodarse a la rasante y así proporcionar soporte uniforme al ducto en toda su longitud.

Deberá colocarse una cama de 4 pulgadas por lo menos (medido suelto), en el fondo de la zanja, compuesta de tierra fina. El material para la cama debe estar constituido por tierra suave, arena u otro relleno fino que no contenga ninguna particular retenida en la malla de  $\frac{1}{4}$  de pulgada. Este material deberá compactarse hasta que esté firme.

A menos que los planos especifiquen algo diferente, los ductos que van a ser directamente enterrados deben estar instalados en forma tal que su parte alta esté por lo menos 18 pulgadas por debajo de la rasante terminada.

Cuando se instala dos o más ductos sin revestimientos de concreto en la misma zanja, debe separárselos por lo menos 2 pulgadas (medida entre paredes externas) en dirección horizontal y 6 pulgadas en dirección vertical.

Debe excavarse la longitud total de la zanja antes de instalar el ducto, de tal manera que si se encuentra alguna obstrucción, puedan tomarse las disposiciones apropiadas para evitarlas.

110-3.4 Marcas de ductos.- La ubicación de los terminales de todos los ductos deben señalarse con una losa marcadora de concreto de 2 pies cuadrados por 4 pulgadas de espesor, que aflore por lo menos 1 pulgada sobre la superficie. Las marcas deben

colocarse sobre los terminales de todos los ductos o grupos de ductos, a menos que ellos terminen en buzones o edificios.

El Contratista debe grabar la palabra “DUCTO” en cada losa marcadora. También deberá grabar el número y dimensión de los ductos que estén debajo de la marca. Las letras deben ser de 4 pulgadas de altura y tres pulgadas de ancho con un ancho de línea de  $\frac{1}{2}$  pulgada y  $\frac{1}{4}$  de pulgada de profundidad, o tan grandes como el espacio permita.

110-3.5 Relleno.- Después de haber instalado correctamente los ductos revestidos de concreto, y que éste se haya secado, deberá rellenarse la zanja con material excavado que no tenga más de 4 pulgadas de diámetro, en dos capas cuando menos, cuidadosamente compactadas y apisonadas hasta alcanzar por lo menos la densidad del terreno circundante no disturbado. El material de relleno deberá ser aireado o humedecido si fuere necesario para obtener la compactación requerida.

Las zanjas no deben estar excesivamente húmedas ni contener empozamientos de agua durante las operaciones de relleno.

La zanja debe rellenarse completamente y apisonarse hasta quedar a ras con la superficie adyacente ; excepto cuando se vaya a usar césped en champas, en cuyo caso el relleno deberá detenerse a una profundidad igual al espesor de la champa que se piense usar, considerando una tolerancia apropiada por asentamiento.

Cualquier exceso de material de excavación debe retirarse y eliminarse de acuerdo con las instrucciones del Ingeniero.

Para los ductos sin recubrimiento de concreto, deberá colocarse 20 cm. de arena, tierra suave u otro relleno fino (medido suelto), alrededor de los ductos, cuidadosamente compactado alrededor y encima con pisones de mano. El resto de la zanja puede rellenarse con el material normal de excavación y compactado apropiadamente de acuerdo a lo anteriormente especificado.

110-3.6 Reparación.- Cuando se haya sacado champas, ellas deben ser reemplazadas tan pronto como sea posible después de terminar el relleno. Todas las zonas alteradas



por el zanjeo, almacenamiento de tierra, colocación de cables, construcción de camas y otros trabajos, debe repararse a su condición original. La reparación debe incluir la tierra, fertilizante, álcalis, sembrado, plantado o colocación de humus que fuera necesaria. Todo este trabajo debe ejecutarse de acuerdo con las Especificaciones de Encespedamiento Normales, de la FAA. El Contratista será responsable por el mantenimiento de todas las superficies alteradas y sus reemplazos hasta la aceptación final.

### **METODO DE MEDIDA**

110-4.1 La cantidad de ducto subterráneo a ser pagado bajo este ítem será el número de metros lineales de ducto instalado, medido en su lugar, terminado y aceptado. Debe hacerse medidas separadas para tipos y dimensiones diferentes.

### **BASES DE PAGO**

110-5.1 El pago se efectuará al precio unitario del contrato para cada tipo y dimensión de ducto simple o múltiple, terminado y aceptado. Este precio constituirá compensación total por proporcionar todos los materiales y por toda la preparación, ensamblaje e instalación de dichos materiales, y por toda la mano de obra, equipo, herramientas y adicionales que fueren necesarios para completar el trabajo.

El pago se efectuará bajo:

Ítem L-110-5. Ducto eléctrico Simple o Múltiple por metro lineal.

### **ITEM P-620 PINTURA EN LA PISTA DE ATERRIZAJE Y CALLES DE RODAJE**

#### **DESCRIPCION**

620-1.1 Esta partida describe las características de la pintura para números, marcas y franjas sobre la superficie de las pistas y calles de rodaje, aplicadas de acuerdo con estas especificaciones y en las ubicaciones mostradas en los planos, o tal como lo ordene el Ingeniero.

## MATERIALES

### ACEPTACIÓN DE MATERIALES

El Contratista proveerá los certificados del Fabricante para los ensayos de los materiales despachados al proyecto.

Los certificados deben incluir una declaración de que los materiales cumplen con los requerimientos de las especificaciones. Estos certificados pueden ser usados como aceptación del material ó el Ingeniero puede solicitar ensayos de verificación. No se deben interpretar los certificados como una base de pago. El Contratista debe notificar al Ingeniero sobre las llegadas de los materiales a la obra.

### PINTURA

La pintura debe ser (lavable, epóxica, metacrilato ó base de solvente) de acuerdo con los requerimientos del párrafo 620-2.1. Se debe suministrar la pintura en ( ) de acuerdo con la Norma Federal No 595. La pintura debe suministrarse en (Tipo I – Tiempo de secado estándar) (Tipo II – Tiempo de secado rápido), cuando se ensaye de acuerdo con la norma ASTM D 711.

El Ingeniero debe especificar el tipo de pintura y el número de párrafo apropiado.

El Ingeniero debe insertar los colores a ser utilizados en el proyecto según la relación siguiente:

Blanco - 37925

Rojo - 31136

Amarillo - 33538 ó 33655

Negro – 37038

Rosado 2 partes de Rojo - 31136 y 1 parte blanco – 37925

Puede utilizarse solvente de base negra para señalar un borde de un ancho mínimo de 150 mm alrededor de las marcas en los pavimentos El tipo I es para aquellas ubicaciones donde movimientos lentos no sea inconvenientes

El tipo II se utiliza en las franjas donde es deseable un curado rápido.

PINTURA AL AGUA. La pintura al agua debe cumplir con los requerimientos de la Especificación Federal TT-P-1952.

EPÓXICA. La pintura epóxica debe tener dos componentes, como mínimo 99% de sólidos de acuerdo con lo siguiente:

1. Pigmentos. Componente A. Porcentaje en peso

a. Blanco.

Dióxido de titanio, ASTM D 476, el tipo II debe ser mínimo 18% (16.5% mínimo a 100% de pureza)

b. Amarillo y colores

Dióxido de titanio, ASTM D 476, el tipo II debe ser mínimo 14 a 17%

Amarillo orgánico, otros colores

Resina epóxica debe ser mínimo 75 a 79%.

2. Contenido Epóxico. Componente A. Cuando sea ensayado según la norma ASTM D 1652, el peso por equivalente epóxico debe ser el límite del fabricante más ó menos 50.

3. Número Componente B Cuando sea ensayado según la norma ASTM D 2074, el peso por equivalente epóxico debe ser el límite del fabricante más ó menos 50.

4. Materiales prohibidos. El fabricante debe certificar que el producto no contiene mercurio, plomo, solventes ó cualquier cancerígeno como se define en 29 CFR 1910.1200.

5. Reflexión direccional de día

(a) Blanco. La reflexión directa de día de la pintura blanca no debe ser menor que el 75% (relativo al óxido de magnesio) cuando se ensaye según la Especificación Federal No 141, Método 6121.

(b) Amarillo. La reflexión directa de día de la pintura amarilla no debe ser menor que el 38% (relativo al óxido de magnesio) cuando se ensaye según la Especificación Federal No 141, Método 6121.

Los valores de x e y deben ser consistentes con la carta estándar de colores Hegman para estándar de tráfico amarillo 33538 ó debe ser consistente con las tolerancias abajo indicadas:

x. 462 x 470 x. 479 x. 501

y. 438 y 455 y. 428 y. 452

6. (6) Intemperización acelerada

- Preparación de la muestra. Aplicar la pintura sobre un espesor de 0.33 mm a 8 x 15 cm de paneles de aluminio preparados según lo descrito la Norma Federal No 141. Método 2013. Secado de la muestra 48 horas bajo condiciones estándar.
  - Condiciones de ensayo. Ensayos de acuerdo con ASTM G 53 usando exposición UV-B, 72 horas, alternando 4 horas la exposición IV a 60° C y 4 horas exposición a 40° C.
  - Evaluación. Remover las muestras y condiciones por 24 horas bajo condiciones estándar. Determinar la reflexión direccional y usando el procedimiento según el párrafo 620-2.2 b(5) arriba descrito. Evaluar con los requerimientos de color.
7. Contenido Orgánico Volátil. Determinar el contenido volátil orgánico de acuerdo con 40 CFR Parte 60 Apéndice A, Método 24.
8. Opacidad Seca. Usar el procedimiento B, Método B del Método 4121 del Estándar Federal No 141. El espesor debe ser 0.12 mm. El opacidad mínima para blancos y colores debe ser 0.92
9. Resistencia a la abrasión. La prueba se realizará en los paneles preparados según lo señalado en el párrafo 620-2.2 b(6) de acuerdo con ASTM D968, Método A, excepto que el diámetro interior del tubo guía debe ser 18.97 a 19.05 mm. Se utilizarán 5 litros de arena en cada prueba.
10. Dureza, shore. La dureza debe ser por lo menos 80 cuando se ensaye según ASTM D 2240.

- METACRILATO La pintura debe tener dos componentes, como mínimo 99% de sólidos de acuerdo con lo siguiente:

11. Pigmentos. Componente A. Porcentaje en peso

a. Blanco.

Dióxido de titanio, ASTM D 476, tipo II debe ser mínimo 6 %

b. Amarillo y colores

Dióxido de titanio, ASTM D 476, el tipo II deberá tener como mínimo 6%

Amarillo orgánico y otros colores deben de cubrir los colores estándar. La resina de metacrilato debe tener como mínimo 18%.

12. Materiales prohibidos. El fabricante debe certificar que el producto no contenga mercurio, plomo, solventes ó cualquier cancerígeno como se define en 29 CFR 1910.1200.

13. Reflexión direccional de día

- Blanco. La reflexión directa de día de la pintura blanca no debe ser menor del 80% (relativo al óxido de magnesio) cuando se ensaye según la Especificación Federal No 141, Método 6121.
- Amarillo. La reflexión directa de día de la pintura amarilla no debe ser menor que el 55% (relativo al óxido de magnesio) cuando se ensaye según la Especificación Federal No 141, Método 6121.

Los valores de x e y deben ser consistentes con la carta estándar de colores Hegman para estándar de tráfico amarillo 33538 ó debe ser consistente con las tolerancias abajo indicadas:

x. 462 x 470 x. 479 x. 501

y. 438 y.455 y. 428 y. 452

14. (4) Intemperización acelerada

- Preparación de la muestra. Aplicar una película de pintura de 0.33 mm de espesor sobre de paneles de aluminio de 8 x 15 cm preparados según lo descrito la Norma Federal No 141. Método 2013. Secado de la muestra al aire durante 48 horas bajo condiciones estándar.
- Condiciones de ensayo. Los ensayos se realizarán según ASTM G 53 usando una exposición ultra violeta (UV-B), durante 72 horas, alternando durante 4 horas la exposición UV a 60° C y 4 horas de exposición a 40° C.
- Evaluación. Remover las muestras y someterlas durante 24 horas a condiciones estándar. Determinar la reflexión direccional utilizando el procedimiento del párrafo 620-2.2 b(5) arriba descrito. Evaluar con los requerimientos de color.

15. Contenido Orgánico Volátil. Determinar el contenido volátil orgánico de acuerdo con 40 CFR Parte 60 Apéndice A, Método 24.

16. Opacidad seca. Utilizar el procedimiento B, Método B del Método 4121 del Estándar Federal No 141. El espesor de la película debe ser de 0.12 mm. La opacidad mínima para el blanco y colores debe ser 0.92
  17. Resistencia a la abrasión. Los paneles preparados según el párrafo 620-2.2 b(6) serán sometidos al ensayo de abrasión según ASTM D968, Método A, excepto que el diámetro interior del tubo guía debe ser 18.97 a 19.05 mm. Se debe utilizarán 5 litros de arena por ensayo.
  18. Dureza, shore. La dureza debe ser por lo menos 80 cuando se ensaye de acuerdo con ASTM D 2240.
- Base solvente- La pintura debe cumplir con los requerimientos de la Especificación Federal TT-P-85 ó TT-P-110.

#### **MEDIO REFLECTANTE**

Las microesferas de vidrio deben cumplir con los requerimientos de la Especificación Federal TT-B-1325 ( ). Las microesferas de vidrio serán tratadas para promover su adhesión y/o flotación dentro de la pintura de acuerdo al especificado por el fabricante de la pintura.

Las microesferas deberán considerar las características de las marcas y la fricción sobre estas. Cuando se usen microesferas de vidrio, el Ingeniero debe especificar Tipo I Gradación A ó Tipo m.

#### **ARENA SILICÉA**

La arena debe estar compuesta por lo menos en un 99.5% por dióxido de silicio cuando sea ensayada de acuerdo con ASTM C 146. La gradación de la arena debe cumplir con las recomendaciones del fabricante de la pintura y debe ser 50/60 arena graduada cuando sea ensayada de acuerdo con ASTM C-136.

La arena debe desarrollar características de fricción y reducir el rango de acumulación de depósitos de caucho. El Ingeniero debe especificar las microesferas de vidrio ó arena y de todas las pinturas epóxicas, para que desarrollen características fricciones en la pintura.

#### **METODOS DE CONSTRUCCION**

## LIMITACIONES CLIMÁTICAS

El pintado podrá efectuarse solamente cuando la superficie está limpia y seca, y la temperatura atmosférica está sobre 7° C.

El Ingeniero debe especificar las temperaturas más bajas aceptadas en las recomendaciones del fabricante.

## EQUIPOS

Los equipos de pintado deben incluir los aparatos necesarios para limpieza de las superficies, máquina de pintado mecánico de superficies y todo otro equipo auxiliar necesario para completar satisfactoriamente el trabajo.

El marcador mecánico debe ser del tipo esparcido (spray) para aplicación de pinturas sobre superficies con pintura de tráfico. El equipo debe permitir la aplicación uniforme de pintura de acuerdo con la cantidad especificada y será diseñado para que las marcas o señales sean de sección uniforme y con la posibilidad de discontinuidad en su aplicación sin la necesidad de realizar paradas del equipo.

## PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE

Antes de la aplicación de la pintura, la superficie donde se aplicará deberá estar completamente seca y libre de impurezas, polvo, grasa, aceites, ácidos, caucho o cualquier otro elemento extraño que pudiera reducir la adherencia de la pintura con el pavimento. El área de pintado deberá limpiarse cuidadosamente por medio de barrido con agua, aplicación de aire tanto como sea necesario para remover todos los materiales sueltos y no deseables.

Para pavimentos de concreto, no se aplicará la pintura hasta que la superficie esté completamente limpia de los componentes de curado. Se utilizarán chorros de arena o de agua a presión para remover los componentes de curado.

El Ingeniero debe especificar cualquier preparación adicional de la superficie y debe especificar el tipo de preparación de superficie a ser usada cuando existan marcas que interfieran ó puedan causar problemas de adhesión con las marcas nuevas.

#### 620-3.4 REPLANTEO DE LAS MARCAS

Las marcas propuestas se replantearán en adelante a la aplicación de la pintura. La ubicación de las marcas que recibirán microesferas de vidrio debe ser indicada en los planos. (La ubicación de las marcas que recibirán arena debe estar indicada en los planos).

#### 620-3.5 APLICACIÓN

La pintura se aplicará en las ubicaciones y según las dimensiones y espaciamientos indicados en los planos. La pintura no se aplicará hasta que los esquemas que indiquen los alineamientos, dimensiones, etc. hayan sido aprobados por el Ingeniero.

La pintura deberá ser mezclada siguiendo las instrucciones del fabricante y aplicada al pavimento con una máquina de marcado a la velocidad indicada en la Tabla 1. No será permitido el uso de disolvente (tiner). Debe transcurrir un periodo de tiempo entre la colocación de la superficie bituminosa y la aplicación de la pintura.

#### **Tabla 1 – Cantidad de aplicación de pintura, microesferas de vidrio y arena**

**El Ingeniero debe seleccionar las cantidades de aplicación de la pintura, microesferas de vidrio y arena de la siguiente tabla.**

#### **Cantidad de aplicación de pintura, microesferas de vidrio y arena para la Tabla 1**

El Ingeniero debe especificar el periodo de tiempo para permitir un curado adecuado de la superficie del pavimento. El Ingeniero debe contactar al fabricante para determinar el periodo de espera.

De acuerdo con el área de la superficie a cubrir, se debe sustituir lo siguiente cuando se pinte en acuerdo con P-402. “La pintura será mezclada de acuerdo con las instrucciones del fabricante y aplicada al pavimento con una máquina de marcado de 2 direcciones a un 75% de la cantidad mostrada en la Tabla 1 para cada dirección”.



Cuando sean requeridas marcas antes de que las operaciones de pavimentación sean terminadas. El Ingeniero puede especificar materiales basados en pintura al agua para marcas temporales a un 50% de las intensidades de aplicación especificadas.

Los bordes de las marcas no deben variar en más de 12 mm en la línea recta de no más de 15 m y la dimensión debe estar dentro de una tolerancia de  $\pm 5\%$ .

Se deben distribuir las microesferas de vidrio sobre las áreas marcadas en las ubicaciones mostradas en los planos después de la aplicación de la pintura. Se debe proveer de un dispensador que debe estar diseñado para la máquina de marcado y ser capaz de distribuir las microesferas de vidrio. Se deben aplicar las microesferas de vidrio a la intensidad indicada en la tabla 1. No se deben aplicar microesferas de vidrio en pintura negra. (Se debe distribuir la arena sobre las áreas marcadas en las ubicaciones mostradas en los planos después de la aplicación de la pintura. Se debe proveer de un dispensador que debe estar diseñado para la máquina de marcado y ser capaz de distribuir la arena. Se debe aplicar la arena a la velocidad indicada en la tabla 1.) Las microesferas de vidrio (arena) deben adherirse a la pintura curada ó las operaciones de marcado deben cesar hasta que las correcciones sean hechas.

El Ingeniero debe especificar las cantidades de aplicación de las microesferas y arena según la tabla 1.

Los depósitos vacíos (latas) deben ser devueltos al área de almacenamiento de la pintura para la verificación del Ingeniero. No se deben eliminar fuera del aeropuerto ó destruirlos sin la autorización del Ingeniero.

#### 620.4 PROTECCIÓN

Después de la aplicación de la pintura, todas las marcas deberán protegerse de cualquier daño hasta que esté seca. Todas las superficies serán protegidas de salpicaduras, goteos, derrames, etc. de pintura u otros materiales.

#### **METODO DE MEDICION**

El metrado o cantidad de marcas ejecutadas en las pistas de aterrizaje y calles de rodaje será el número de metros cuadrados de pintura (el número de kilogramos de

arena) y el número de kilogramos de material reflectivo utilizado según las especificaciones y aceptado por el Ingeniero.

## BASES DE PAGO

620-5.1 El pago deberá efectuarse al (precio por metro cuadrado del Contrato) (sumaalzada) por pintura en las pistas de aterrizaje y calles de rodaje; (precio por kilogramos) (sumaalzada) de arena y (precio por kilogramos) (sumaalzada) para el material reflectivo. Este precio debe constituir compensación total por el suministro de todos los materiales, toda la mano de obra, equipos, herramientas y todos los adicionales necesarios para completar el trabajo

El pago será efectuado bajo

Ítem P-620-5.1-1 Pintura de pistas de aterrizaje y calles de rodaje (metros cuadrados) (sumaalzada).

El Ingeniero puede incluir un precio para cada tipo de pintura especificado.

Ítem P-620-5.1-2 Material reflectivo (kilogramos) (sumaalzada)

Ítem P-620-5.1-3 Arena (kilogramos) (sumaalzada)

## REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS

ASTM C-146	Análisis químico para la arena
ASTM C-371	Análisis para polvos cerámicos no plásticos
ASTM D-95	Método de ensayo para puntos de destello e incendios por Copa Abierta de Cleveland.

ASTM D-968	Métodos estándares de resistencia a la abrasión de pinturas orgánicas-caída abrasiva
ASTM D-1652	Método de ensayo de contenido epóxico en resinas epóxicas
ASTM D-2074	Método de ensayo para determinar los valores primarios, secundarios y terciarios de aminas por el método del indicador alternativo
ASTM D-2240	Método de ensayo de productos de caucho-medidor de dureza

#### REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

ASTM D-476	Especificaciones para pigmentos de dióxido de titanio
Código de Regulaciones Federales	40 CFR Parte 60, Anexo A 29 CFR Parte 1910.1200
Especif. Federal TT-B-1325	Microesferas reflectantes
Especif. Federal TT-P-85	Pintura, marcas en pavimentos y tráfico, solventes
Especif. Federal TT-P-110	Pintura de tráfico negra (no reflectante)

Especif. Federal TT-P-1952

Pintura, marcas de pavimentos y tráfico, pintura lavable

Estándar Federal 595

Colores utilizados por el Gobierno

### **3.2 Especificaciones Técnicas Especiales**

El objeto de las especificaciones técnicas especiales, es la de complementar, cambiar e incorporar disposiciones técnicas, relativas a los materiales y modalidad de ejecución no previstas en las especificaciones técnicas generales o en caso de discrepancias.

La incorporación de nuevas técnicas de construcción dentro del contexto de las Obras de Construcción, exigen la incorporación de dispositivos técnicos que permitan su adecuada ejecución, las mismas que han sido elaboradas teniendo en cuenta las experiencias locales, los materiales disponibles en la zona del proyecto, la bibliografía existente en nuestro medio, así como lo relacionado a experiencias de diversas organizaciones a nivel mundial, presentando consideraciones básicas referentes a los materiales disponibles, así como a las condiciones climatológicas y materiales de la zona en estudio.

#### **ITEM MASS - MORTERO ASFALTICO “SLURRY SEAL”**

##### **1. Usos en los Pavimentos.**

En zonas donde por su ubicación geográfica no se dispone de agregados gruesos y ante la necesidad de impermeabilizar los pavimentos para el uso de aeronaves ligeras, estas pistas en su primera etapa de servicio, es recomendable mantenerlas mediante la aplicación de un mortero asfáltico de alta calidad como el “Slurry Seal”, se brinda o recupera la impermeabilidad necesaria

##### **2. Características y Usos de las superficies con Slurry Seal.**

La mezcla semi-líquida se coloca en espesores delgados (4 a 15 mm.) penetrando en las fisuras y juntas, sellando así, hasta lo más profundo en el caso de presencia de falla, protegiendo al pavimento de humedad y oxidaciones futuras.

El “Slurry Seal” se utiliza para resolver variados problemas del pavimento:

- Sella fisuras y grietas impermeabilizándolo y proporcionando al mismo tiempo, una superficie de rodadura nueva.
- Cubre superficies desgastadas con desprendimiento superficial de material fino, asegurando una rodada limpia.
- En zonas propensas a accidentes, consigue una textura superficial regular, áspera y segura, para evitar el deslizamiento de los vehículos.
- A diferencia de los tratamientos superficiales por riego, el material pétreo es recubierto totalmente por el asfalto, eliminándose los problemas de desprendimiento que dañan los parabrisas de los vehículos en las pistas y malogran las turbinas de las aeronaves en los aeropuertos y provee una superficie silenciosa a la rodada, que para un ojo no educado tiene la apariencia de un concreto asfáltico en caliente.
- Por su consistencia semi-líquida, se le dan diferentes acabados: rugoso, con ayuda de un yute, semi-liso, con frotacho y liso con la plancha de empastar, para los diferentes usos como: losas deportivas, pistas de patinaje, estacionamientos, grifos, etc.

### 3. Materiales.

Este mortero está compuesto de agregado bien gradado, emulsión asfáltica, filler mineral y agua. La selección y la dosificación adecuada de estos materiales deberán hacerse en laboratorio calificado antes de la puesta en obra.

#### 3.1 Agregado.

Cualquier agregado que pasa la malla de 3/8 “usado para mezcla en caliente, es apropiado para el mortero asfáltico. Por peso, el agregado conforma del 87 al 94% de la mezcla.

Los ensayos de calidad al material pétreo que se realizarán son:

- Muestreo                   AASHTO T 2        ASTM D 75
- Granulometría por  
  vía humedad        AASHTO T27        ASTM C136 ver tabla 2,
- Equivalente de arena   AASHTO T 176    ASTM D 2419   50 min.
- Abrasión (composición C o D) AASHTO T 96 ASTM C 131 45% máx.
- Durabilidad (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)   AASHTO T 104   ASTM C 88   15% máx.
- Gravedad específica y absorc.   AASHTO T 84        ASTM C 128
- Peso unitario                    AASHTO T 19        ASTM C 29
- Sales solubles totales        USBR E-8                0.5% máx.

Especificaciones Granulométricas para Slurry Seal (Tabla 2)

Tipo de Slurry	I	II	III
Uso general	Sello fino y relleno de grietas	Sello general superficies de textura media	1ra y/o 2da capa, superf textura alta
Tamaño del Tamiz	Porcentaje que pasa		
3/8 »	100	100	100
1/4 »			82-94
# 4	100	90-100	70-90
# 8	90-100	65-90	45-70
# 16	65-90	45-70	28-50
# 30	40-65	30-50	19-34
# 50	25-42	18-30	12-25.
# 100	15-30	10-21.	7-18.

# 200	10-20.	5-15.	5-15.
% R.A. En peso del árido seco.	10-15.	7.5-13.5	6.5-12
Kg/m2 en del árido seco	3-5.5	5.5-8	8 ó más
Espesor mínimo	4 mm.	6 mm.	8 mm.

### 3.2 Emulsión Asfáltica.

Las emulsiones catiónicas, que por su naturaleza de fraguar químicamente, tienen la ventaja de un curado rápido. Gran parte de los agregados están cargados negativamente, las emulsiones catiónicas, por tener carga positiva en las partículas de asfalto, asegura una gran afinidad árido-ligante.

Los proveedores de las emulsiones asfálticas, deberán tener un laboratorio bien equipado, y el personal capacitado para el diseño de la emulsión y el control de calidad completo de cada carga conducida a obra. Las especificaciones técnicas están dadas en el AASHTO T 59 y ASTM D 2344. Ver tabla No 1.

La emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta (CRL), es la indicada para este tipo de trabajo, siendo la super lenta (CSE), la que permite mayor trabajabilidad para el acabado.

### 3.3 Agua.

Es el insumo que controla la consistencia de la mezcla. Por peso compone del 4 al 12% del agregado seco.

El agua debe humedecer previamente al agregado para que funcione como lubricante ante la emulsión, reduce la tensión superficial de las partículas de agregado facilitando a la emulsión el cubrimiento.

La mayoría de los abastecedores de agua locales suministran un producto adecuado para el uso del mortero. Debe estar libre de sales solubles, suciedad, y sedimentos. No debe ser dura. En caso de dudas, se realizará el ensayo de Control de Calidad al Agua (NTP 339.088).

#### 3.4 Filler Mineral.

El relleno mineral es usado en el mortero para mejorar la gradación del agregado, y principalmente para proporcionar a la superficie de rodadura la alta resistencia al desgaste. Deben cumplir con las especificaciones ASTM D-242.

Se usan entre 0.5 al 2 % en peso respecto al agregado seco. La dosificación será diseñada en laboratorio, mediante el ensayo de abrasión por inmersión bajo tráfico simulado para morteros asfálticos. Los filler mas usados son el cemento portland tipo I y la cal hidratada.

#### 4. Afinidad Árido Ligante.

La emulsión se diseñará en el laboratorio del proveedor, considerando diferentes factores, tales como:

Composición mineralógica del árido (tipo de poliamina a usar en la emulsificación).

Clima, uso del pavimento y tipo de tráfico (característica del cemento asfáltico base a emulsionar). Ver tabla No 3.

Pendientes de los tramos a rehabilitar (viscosidad de la emulsión).

Para tal efecto, el cliente proporcionará al laboratorio de la empresa ESPECIALIZADA, 50 Kg. De arena gruesa que se usará en obra. Se ensayará diferentes clases de emulsiones de rotura lenta del tipo super estable (CSE) con el ensayo RIEDEL WEBER (D.E.E.MA-8 Francia). Se optará por el que se obtenga mayor grado de adherencia (mínimo grado 4).



Es de gran importancia entender que la emulsión debe diseñarse debido a que las características de los áridos, climas y geografías son diferentes y dependerán de la zona de trabajo.

#### 5. Dosificación y Proyecto.

Consiste en determinar una fórmula de trabajo que establezca las proporciones adecuadas de árido, filler, ligante y aditivos opcionales. Esta fórmula debe asegurar una buena respuesta a las solicitaciones de tráfico, carga, agentes atmosféricos y conservarla ante el tiempo. Los diseños se realizan con los equipos propuestos por la International Slurry Surfacing Association (I.S.S.A.), estos son los ensayos de abrasión en inmersión (Wheel Track Abrasión Testing. W.T.A.T) y los de control de exudación mediante la rueda cargada (Loaded Wheel Tester. L.W.T.). El cliente deberá proporcionar 50 Kg. De la arena a utilizar y el laboratorio de la empresa Especializada, le proporcionará el diseño del mortero.

En el caso del mortero asfáltico Slurry Seal, también es necesario indicar la cantidad de agua que facilite la puesta en obra, y proporcione la consistencia adecuada para una buena trabajabilidad. Esto es posible mediante los ensayos de consistencia del cono de Kansas.

### USOS PRINCIPALES DE LOS CEMENTOS ASFALTICOS

#### PARA PAVIMENTACION.

(Tabla 3)

USO DEL PAVIMENTO	CLIMA			
	cálido árido	cálido húmedo	moderado	frío
<u>Campos Aéreos.</u>				
vías rápidas	60-70	85-100	85-100	120-150
vías de taxi	60-70	60-70	85-100	85-100
zona de parqueos	60-70	60-70	60-70	85-100
<u>Auto Pistas</u>				
tráfico pesado	60-70	60-70	85-100	85-100
a muy pesado				
Tráfico medio	85-100	85-100	85-100	120-150
a liviano				

<u>Calles</u>				
Tráfico pesado a muy pesado	60-70	60-70	85-100	85-100
Tráfico medio a liviano	85-100	85-100	85-100	85-100
<u>Vías de Acceso</u>				
Industrial	60-70	60-70	85-100	85-100
Estac de servicio Residencial	60-70 85-100	60-70 85-100	85-100 85-100	85-100 85-100
<u>Estacionamientos</u>				
Industrial	60-70	60-70	85-100	85-100
Comercial	60-70	60-70	85-100	85-100
Recreación al Campo de tenis Pacios de juego	85-100 85-100	85-100 85-100	85-100 85-100	85-100 85-100

Fuente :      ING. IVAN              CHAVEZ              ROLDAN

Las modernas técnicas de diseño del mortero asfáltico, han hecho posible, la elaboración de morteros de apertura al tráfico casi inmediato, se podrá dar tránsito a menos de media hora de colocado el mortero (Quick set), esto se logra mediante los ensayos del Cohesímetro (Modified cohesión tester).

Una formulación aproximada del mortero sería el siguiente:

Arena gruesa	1m <sup>3</sup>
Agua potable	50 gal.
Filler (cemento portland tipo I o cal hidratada)	17 Kg.
Emulsión Asfáltica CSE.	55 gal.

Para esta tecnología solo es necesario proporcionar un espesor pequeño, por lo que se debe establecer un cuadro de condiciones de trabajo en el que se reflejen factores tales como los siguientes:

- a) Textura superficial, permeabilidad, contenido de ligante, regularidad superficial, del tramo a trabajar.

Clima, temperatura del pavimento, riesgo de precipitaciones.

## 6. Equipo para Fabricación y Puesta en Obra.

La fabricación del mortero puede hacerse en forma manual, en bateas o carretillas, también se podrá usar trompitos o cualquier mezclador usado en construcción que consiga una dispersión homogénea.

Para obras de gran envergadura, Las plantas móviles extendedoras “Young Slurry” están equipadas para transportar los materiales necesarios, mientras dosifica, mezcla y extiende el mortero asfáltico. Esta planta móvil deberá calibrarse previamente al extendido.

Se requiere un pequeño equipo de apoyo como complemento al trabajo que realiza la máquina, tales como: Barredora mecánica o compresora de aire, cargador frontal, cisterna de agua y de emulsión y herramientas manuales.

Ocasionalmente, para casos especiales se requiere un rodillo neumático, que en zonas de maniobras, se logrará en menor tiempo la cohesión inicial.

*Teniendo en cuenta las condiciones locales, limitadas vías de transporte y poco volumen de trabajo es impensable llevar equipo de puesta en obra del slurry seal a la zona, por lo cual la colocación se deberá realizar mediante esparcido con equipo liviano y llevando un control adecuado de niveles*

## 7. Tipos y Aplicaciones.

Para el diseño del tipo y espesor de una superficie de Slurry Seal, se deben considerar los diferentes factores:

El tipo y condición del antiguo o nueva superficie donde será aplicada el Slurry. Sobre base granular, pavimento asfáltico o concreto, textura superficial, cantidad y tamaño de grietas.

Tipo y volumen de tráfico.

Condiciones climatológicas.

Las áreas a rehabilitarse con relación al dinero disponible, es a veces precepto al tipo de Slurry Seal a ser usado.

La expectativa de vida para el Slurry Seal depende sobre todo de los factores mencionados en los párrafos previos. Cualquier tipo de Slurry, se puede esperar que dé más años de servicio en comparación a muchos tratamientos superficiales.

La guía de uso de los diferentes tipos de Slurry Seal, se describe a continuación:

Tipo I (superficie fina).- Esta gradación fina dará una aplicación a razón de 3.6 a 5.4 Kg. de agregado seco por metro cuadrado, en un espesor de 1/8" o menos. El contenido normal de residuo asfáltico estará entre 10 y 16% en peso del agregado seco.

La fineza de este tipo de Slurry dará una máxima capacidad de penetración en las grietas. Este diseño es usado como capa inicial sobre pavimentos agrietados, que por el alto contenido de asfalto permite una máxima adhesión, la expansión y contracción de las grietas. Este tipo de superficie recomienda espesores muy delgados y en el caso que se requiera mejorar el desgaste superficial, servirá como primera capa en un tratamiento multicapa.

Tipo II (superficie general).- Esta gradación dará una aplicación a razón de 5.4 a 9.1 Kg. por metro cuadrado de agregado seco, en un espesor de 1/4" o menos. El contenido normal de residuo asfáltico estará entre 7.5 y 13.5% en peso respecto al agregado seco.

Este tipo de Slurry es el más usado porque es lo bastante fino que penetra dentro de las grietas, y también provee de una superficie de rodadura. Puede usarse en todas las aplicaciones previamente mencionadas cuando la resistencia al desgaste superficial es lo deseado.

Tipo III (superficie áspera).- Esta gradación dará una aplicación a razón de 8.2 a 13.6 Kg. por metro cuadrado, en espesores de 3/8" o menos. El contenido de residuo asfáltico normal estará en el rango de 6.5 a 12% en peso respecto al agregado seco.

Este tipo de Slurry es usado en superficies de asfalto que estén sujetas a cambios de temperaturas y para tráfico altamente pesado.

Multi-Capa.- Los tres tipos de Slurry mencionados anteriormente, pueden ser usados en combinaciones formando una multicapa. Para superficies agrietadas, se aplicará una Slurry fino y luego un tipo grueso.

### **BASE DE PAGO**

El pago se hará por precio de unitario del contrato por metro cuadrado para la capa de mezcla asfáltica slurry seal. Este precio representará la compensación total por el de todos los materiales y por toda preparación, entrega, y aplicación

de los materiales, y por toda labor, equipo, herramientas necesarios para completar este ítem.

## ITEM P – DRE DRENAJE

### EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS

#### **DESCRIPCION**

Esta partida cubre las actividades relacionadas con la excavación, eliminación, colocación y compactación de todos los materiales que se encuentren dentro de los límites de los trabajos requeridos para construir áreas de seguridad, pistas de aterrizaje, calles de rodaje, así como otras áreas para drenaje, construcción de edificaciones, estacionamientos y otros propósitos de acuerdo con estas especificaciones, en concordancia con las dimensiones y secciones típicas mostradas en los planos.

#### **CLASIFICACIÓN**

Todos los materiales excavados se clasificarán como se indica a continuación:

- a. “Excavación no clasificada”. La excavación no clasificada consistirá en la excavación y eliminación de todo el material proveniente de las excavaciones, sin considerar su naturaleza, la cual no puede ser clasificada y pagada por este ítem.
- b. “Excavación de material orgánico”. Consiste en la remoción y eliminación de suelos y materia orgánica no apropiados para materiales de cimentación. Incluye los materiales que han sufrido un proceso de descomposición o cualquier otro material que no pueda ser utilizado como relleno de terraplenes.
- c. “Excavación de Drenes”. La excavación de drenes consistirá en toda la excavación que tenga por finalidad el drenaje de un área e incluirá zanjas de drenaje, interceptores, entradas y/o salidas de alcantarillas; la construcción temporal de diques; o cualquier otro tipo de excavación como se muestre en los planos.
- d. “Excavación de préstamo”. La excavación en las áreas de préstamo se realiza en materiales aprobados requeridos para la construcción de rellenos ó en áreas de

trabajo donde se tienen materiales excedentes que pueden ser utilizados como rellenos. Los materiales de préstamo podrán ser obtenidos de áreas dentro de los límites de la propiedad del aeropuerto pero fuera de los límites de operación normal y franja de seguridad ó de áreas fuera del aeropuerto.

Todos los materiales excavados serán considerados como “no clasificados” a menos que el Ingeniero especifique otra clasificación en las especificaciones del proyecto. Elimine la clasificación no aplicable al proyecto.

### **EXCAVACIÓN NO UTILIZABLE**

Cualquier material que contenga materias vegetales ú orgánicas, tales como lodo, turba, limos orgánicos ó serán considerados no apropiados para usarse en la construcción de rellenos. El material que tenga la aprobación del Ingeniero de que no puede emplearse como sustento o desarrollo de vegetación, puede ser utilizado en los taludes de los rellenos.

### **METODOS DE CONSTRUCCION**

#### **GENERALIDADES**

Antes de empezar en cualquier área las operaciones de excavación ó relleno, ésta debe estar completamente limpia de acuerdo con el ítem P-151 Roce y Limpieza.

Los materiales a ser colocados en los terraplenes deben ser aprobados por el Ingeniero. Cualquier material no apropiado será eliminado a botaderos indicados en los planos. Los botaderos deberán contar con buen drenaje del área y de las áreas adyacentes. El nivel final de los botaderos no estará por encima de la elevación de las áreas adyacentes del aeropuerto a menos que esté especificado en los planos o que lo apruebe el Ingeniero.

Si el Contratista, durante las operaciones de excavación, encontrara restos de importancia histórica ó arqueológica, se interrumpirán las operaciones temporalmente. Bajo la dirección del Ingeniero, el Contratista excavará el sitio de tal manera que preserve los restos encontrados y permita su remoción. Las excavaciones serán pagadas como un trabajo extra.

Las áreas que se encuentren fuera del pavimento, cuya superficie esté compactada debido al tráfico de vehículos u otras actividades del Contratista, serán escarificadas hasta una profundidad de 100 mm. para ablandar y pulverizar la tierra.

Si para la ejecución de los trabajos fuera necesario interrumpir desagües, alcantarillados o drenajes u otras estructuras subterráneas o parte de ellas, el Contratista será responsable de ello, y tomará las precauciones necesarias para proteger y conservar o proveer temporalmente los servicios que prestan dichas estructuras. Cuando sean encontradas dichas instalaciones, el Contratista notificará al Ingeniero, quien determinará su remoción y reubicación si fuera necesario. El Contratista reparará satisfactoriamente, a su costo, ó pagará el costo de los daños a dichas instalaciones ó estructuras ocasionados por sus operaciones durante el periodo del contrato.

## EXCAVACIÓN

Ninguna excavación se comenzará hasta que se haya nivelado, y medido el terreno y colocado las estacas correspondientes. Todos los materiales excavados que se cumplan con las especificaciones podrán ser utilizados como rellenos de terraplenes u otros propósitos según sea indicado en los planos. Cualquier material no apropiado será eliminado.

Cuando el volumen de la excavación exceda lo requerido para construir los terraplenes, el exceso podrá ser utilizado para nivelar áreas o eliminado a los botaderos aprobados. Cuando el volumen de la excavación no alcanza para la construcción de rellenos, el déficit será obtenido de las áreas de préstamo.

La pendiente deberá ser tal que la superficie tenga buenas condiciones de drenaje durante todo el tiempo. Si fuera necesario, se instalarán drenes y zanjas temporales para interceptar o desviar el agua que pueda afectar la ejecución o las condiciones de trabajo.

a. Nivelación. Cuando se alcance la gradiente especificada en los planos, el material excavado que cumple las especificaciones se transportará para aprovecharlo en los rellenos y para formar la capa superior de la subrasante de las áreas a

pavimentar. Si en el momento de hacer los cortes, no es posible colocar el material en la sección seleccionada de la construcción, se depositará en áreas apropiadas para poder ser medido con fines de pago según lo especificado.

b. Corte. Los materiales que no sean apropiados para ser empleados en las franjas de aterrizaje, la subrasante, caminos, bermas, áreas de empalmes o, cualquier sección que se quiere sembrar con grass, se excavará a una profundidad mínima de 300 mm, o a la profundidad especificada por el Ingeniero, debajo de la superficie proyectada de la subrasante o la gradiente señalada. El material orgánico, la turba, barro, raíces y otros materiales flojos, que no puedan ser utilizados en la conformación de la subrasante, se eliminarán hasta una profundidad adecuada. Los materiales que no cumplan con las especificaciones deberán colocarse en los lugares señalados por el Ingeniero. Los materiales excavados se pagarán al precio unitario fijado en el contrato por metro cúbico. La sección así excavada, será rellena con material apropiado, obtenido de las operaciones de nivelación o de áreas de préstamo y será bien compactada por medio de rodillos. El relleno necesario constituirá una parte del terraplén. Cuando se haga corte en roca y se rellene con material seleccionado, los vacíos que se formen serán drenados de acuerdo con los detalles indicados en los planos.

El Ingeniero determinará el tipo de excavación. Si no se incluyera la excavación en turbas, la excavación se especificará como excavación no clasificada. Los planos mostrarán los detalles para drenar los vacíos que se presenten en las excavaciones.

c. Material Suelto. El material suelto incluyendo deslizamientos, es aquella porción de cualquier material colocado ó suelto que este cerca al área terminada según lo indicado ó autorizado por el Ingeniero. El Ingeniero determinará si el material debe ser eliminado y su decisión será la final. El material será nivelado ó removido por el Contratista y será depositado según lo dispuesto; sin embargo, no se efectuará pago para la remoción y depósito de este material si el Ingeniero determina que no es indispensable. El material será definido como excavación no clasificada.



d. Remoción de Instalaciones. La reubicación o retiro de instalaciones existentes requeridas para permitir el avance ordenado de los trabajos será realizado por el Contratista, a menos que se indique algo diferente en los planos. Las cimentaciones existentes se excavarán hasta una profundidad de por lo menos 6 cm por debajo de la subrasante o según lo indicado en los planos. Las cimentaciones serán rellenadas con material apropiado y compactado según lo especificado.

e. Requerimientos de compactación. La subrasante de las áreas que van a ser pavimentadas será compactada hasta una profundidad de ( ) y hasta una densidad no menor que ( ) % de la máxima densidad determinada por la norma ASTM ().Subrasante Pavimentos Flexibles. Para aeronaves de eje simple, el Ingeniero especificará la compactación hasta una profundidad de 150 mm y una densidad no menor que el 95% para suelos cohesivos ó 100% para suelos no cohesivos. Para áreas que soporten aeronaves de eje dual tándem, el Ingeniero especificará las profundidades y densidades de compactación requeridas según lo señalado en AC150/5320-6 Capítulo 3, Sección 2.

Subrasante de Pavimentos Rígidos. El Ingeniero especificará las profundidades y densidad ( ) de la máxima densidad determinada por la norma ASTM D 1556 ó ASTM D 2167. Sección 3.

El Ingeniero utilizará la norma ASTM D 698 para las áreas destinadas a aeronaves con pesos de 27,200 Kg. ó menos y la norma ASTM D 1557 para áreas destinadas a aeronaves cuyo peso sea mayor que 27,200 Kg.

El pago por excavación de materiales buenos a ser removidos, manipulados y reemplazados con el fin de obtener la profundidad requerida será pagado como excavación no clasificada.

La densidad de campo será determinada de acuerdo con la norma ASTM D 1556 o ASTM D 2167. Las piedras o fragmentos de roca mayores de 100 mm. en su mayor dimensión no se colocarán en los 15 cm superiores de la subrasante. Las operaciones de nivelación, de acuerdo con la sección transversal típica, serán completadas por lo

menos 300 m delante de las operaciones de pavimentación ó según lo disponga el Ingeniero.

En los taludes de secciones en corte, las rocas sueltas o protuberancias se soltarán con barretas o se removerán de otra manera hasta obtener la pendiente del talud definitivo. Todos los taludes cortados o rellenados deben ser aplanados uniformemente hasta darles la pendiente, sección transversal y alineamiento indicados en los planos ó como lo ordene el Ingeniero.

Cuando sea necesario el uso de explosivos, ello se permitirá siempre que se hayan tomado todas las precauciones para proteger las personas, la obra y la propiedad. Cualquier daño que se hiciera a la obra o a la propiedad, se reparará a expensas del Contratista. Todas las operaciones que el Contratista tenga que hacerse en relación con el transporte, almacenamiento y uso de explosivos deberán ser aprobadas por el Ingeniero. Cualquier aprobación que se dé, no exime al Contratista de su responsabilidad en las operaciones de voladura.

Cuando sea aprobado el uso de explosivos, el Contratista con aprobación del Ingeniero empleará los servicios de un especialista que lo asesore en determinar las cargas y analizar los registros obtenidos del sismógrafo. El sismógrafo debe estar en capacidad de dar un registro permanente de los tres componentes del movimiento en términos de velocidad de la partícula, y adicionalmente de calibrarse dinámicamente internamente.

En las áreas donde se realizarán voladuras el Contratista deberá presentar el plan de uso de explosivos y obtener la aprobación de uso por parte del Ingeniero. El Plan deberá incluir todos los factores pertinentes relacionados con el trabajo, dimensión de los taladros, profundidad, espaciamiento, tipo de explosivos, secuencia de los disparos, cantidad máxima de explosivos, profundidad de la roca y profundidad de la sobrecarga. Este plan debe consistir en los tamaños de los agujeros, profundidad, espaciamiento, tipo de explosivos, tipo de secuencia de disparo, máxima cantidad de explosivos, profundidad de la roca y profundidad de. La carga máxima de explosivos no podrá ser modificada sin autorización del Ingeniero.

El Contratista mantendrá un registro de todos los disparos efectuados, su fecha, tiempo y ubicación, la cantidad de explosivos usada, la carga y si es necesario los registros del sismógrafo identificados con el número del instrumento y ubicación.

Los registros, en forma mensual o en tabulados en otra forma, deben estar disponibles para utilización por el Ingeniero cuando éste los requiera.

### **EXCAVACIÓN EN ÁREAS DE PRÉSTAMO**

Las áreas de préstamo dentro de los límites de propiedad del aeropuerto estarán señaladas en los planos. Las excavaciones para préstamo serán efectuadas sólo en los sitios previamente designados y se excavará dentro de los límites horizontales y verticales según se ordene, los que se indicarán con estacas.

Cuando los lugares de préstamo estén fuera de los límites del aeropuerto y no se hayan especificado en el proyecto, el Contratista será responsable de localizar dichas áreas, y que el material obtenido tenga la aprobación del Ingeniero. El Contratista notificará al Ingeniero por lo menos 15 días antes de comenzar a excavar para hacer las pruebas necesarias. Todo material malo se desechará. Todos los cortes de préstamo se abrirán inmediatamente en forma que se ve la faz vertical de varios estratos de material aceptable para obtener un producto uniforme. Los cortes de préstamo se excavarán dándoles formas y líneas regulares, se les harán drenajes y se tendrá en condición nítida y presentable con todos sus taludes aplanados uniformemente.

### **EXCAVACIÓN DRENES**

La excavación para drenaje consistirá en la excavación de zanjas para drenaje, tales como zanjas de drenaje, interceptores, entradas y/o salidas de alcantarillas; la construcción temporal de diques; o cualquier otro tipo de excavación como se muestre en los planos. El trabajo se realizará en la secuencia apropiada con las otras construcciones. Todos los materiales apropiados se colocarán en los rellenos; todos los materiales inconvenientes se colocarán en las áreas de depósito o como se ordene. Las zanjas interceptoras se construirán antes de comenzar las operaciones de

excavación adyacentes. Se utilizará toda la mano de obra necesaria para asegurar un buen acabado en los alineamientos, alturas y sección transversal.

El Contratista mantendrá las zanjas construidas en el proyecto con la sección transversal necesaria y las mantendrá libres de desperdicios y obstrucciones hasta que el proyecto haya sido aceptado.

## **PRE**

Cuando se construya un terraplén de 1.20 m de altura ó menos, se eliminarán todos los materiales orgánicos de la superficie sobre la cual se va a construir el terraplén. La superficie limpiada será roturada ó escarificada hasta una profundidad de 150 mm. Esta área será compactada según lo indicado en el párrafo 2.6. Cuando la altura del relleno sea mayor de 1.20 m, el terreno no requerida ser removido y será recompactado hasta la densidad de terreno adyacente antes de la construcción del terraplén.

Cuando se vayan a construir terraplenes en pendientes naturales mayores de 3 a 1 horizontal, se construirán banquetas horizontales según lo indicado en los planos.

El Ingeniero incluirá en los planos los detalles de las banquetas según el tipo de material, ángulo de consolidación del material y el grado de homogeneidad del material. El ancho mínimo de la banqueta será el suficiente para que puedan operar los equipos de construcción.

No se hará ningún pago directo por el trabajo realizado bajo esta sección. La limpieza y el roce necesario y el volumen de material removido serán pagados bajo la respectiva partida del trabajo.

## **FORMACIÓN DE LOS TERRAPLENES**

Los terraplenes se construirán en capas horizontales sucesivas de no más de 200 mm de espesor suelto, en todo el ancho de la sección transversal ó como lo apruebe el Ingeniero.

Las operaciones de nivelación se harán y las capas de suelos se colocarán para formar una estructura de suelo como la mostrada en los planos sección transversal típica o como se ordene. Los materiales, tales como hojas, hierbas, raíces y otros materiales inconvenientes, no serán incorporados en los terraplenes.

Las operaciones de movimiento de tierras se suspenderán en cualquier momento cuando no se puedan obtener buenos resultados debido a precipitaciones, heladas y otras condiciones no satisfactorias en el campo. El Contratista cortará, pasará la cuchilla o dará pendiente a los terraplenes para darle un drenaje apropiado.

El material en las capas debe estar dentro del  $\pm 2\%$  del contenido óptimo de humedad antes del rodillado para obtener la compactación prescrita. Para alcanzar un contenido uniforme de humedad en toda la capa se requerirá humedecer o secar los materiales y manipular cuando sea necesario. Si el material estuviese demasiado húmedo para permitir apropiada compactación o rodillado, todo el trabajo en todas las porciones del terraplén afectado, se demorará hasta que el material haya secado al contenido de humedad requerido. Para obtener el apropiado contenido de humedad se regará el material seco con equipo aprobado que pueda distribuir suficiente cantidad de agua. Todo el tiempo se tendrá disponible el equipo necesario para proporcionar el agua requerida. Se tomarán muestras para probar todos los materiales del terraplén a intervalos frecuentes, tanto antes como después de su colocación y compactación. Con el resultado de esas pruebas se harán las correcciones necesarias, ajustes y modificaciones de métodos y materiales y contenido de humedad para construir los terraplenes.

Se recomienda que los ensayos de densidad sean hechos cada 30 m<sup>3</sup> de material colocado por capa. El Ingeniero podrá establecer otras frecuencias como las apropiadas para el tamaño de la obra. El Ingeniero especificará el contenido apropiado de humedad si fuese necesario (debido a la presencia de suelos expansivos ú otros suelos) realizar ensayos especiales en el contenido de humedad del suelo durante y antes de la compactación para asegurar la resistencia. Se especificarán los límites de humedad dentro de los rangos aceptables de humedad determinados según ASTM D 698 ó ASTM D 1557.

Las operaciones de rodillado se harán hasta que el terraplén se compacte a no menos de los 95% de la máxima densidad para suelos no cohesivos y 90% de la máxima densidad para suelos cohesivos, como se determina en la norma ASTM. Para todas las áreas que van a ser pavimentadas, la compactación debe realizarse a una profundidad de ( ) y a una densidad no menor de ( ) de la máxima densidad determinada según ASTM ( ).

Subrasante - Pavimentos Flexibles. El Ingeniero debe especificar las profundidades y densidades requeridas de compactación según AC 150/5320-6, Capítulo 3, Sección 3.

Subrasante - Pavimentos Rígidos. El Ingeniero debe especificar las profundidades y densidades requeridas de compactación según AC 150/5320-6 de la FAA, Capítulo 3, Sección 3.

El Ingeniero especificará la norma ASTM D 698 para las áreas destinadas a aeronaves cuyo peso sea 27,200 Kg. ó menos, y la norma ASTM D 1557 para las áreas destinadas a aeronaves cuyo peso sea mayor de 27,200 Kg.

Para los suelos con características expansivas, se determinará la máxima densidad de acuerdo con la norma ASTM; D 698 cualquiera sea el peso de la aeronave.

Las áreas que se encuentran fuera del área a pavimentarse no requerirán compactación en los 100 mm superiores.

La densidad in situ debe ser determinada de acuerdo con la norma ASTM D1556 ó ASTM D 2167.

Las áreas de compactación deben ser mantenidas separadas y no serán cubiertas por otra capa hasta que se haya obtenido la densidad especificada.

Durante la construcción del terraplén el Contratista siempre desplazará su equipo, tanto cuando esté cargado como cuando esté vacío, sobre las capas que se han colocado distribuyéndose el tránsito uniformemente sobre todo el ancho del terraplén. El equipo se operará de tal manera que las capas duras, la arcilla y otros materiales gruesos de suelos, se rompan en pequeñas partículas y se incorporen dentro de los otros materiales de la capa.

En la construcción de los terraplenes las primeras capas se colocarán en las partes de más profundas de los rellenos; a medida que progrese la colocación las capas se construirán aproximadamente paralelas a la rasante del pavimento terminado.

No se colocará material helado en los rellenos, así como tampoco se colocarán rellenos sobre materiales helados.

No se hará medida separada para pago por compactación de terraplenes y todos los costos imprevistos para colocarlo en capas, compactarlos, pasarles discos, regarlos, mezclarlos, darles pendientes y otras operaciones necesarias en los rellenos, ya que estarán incluidos en el precio del contrato para excavación, explotación de préstamos u otros ítems.

El Ingeniero deberá especificar el pago para compactar “rellenos in situ”. En este caso, se debe borrar el párrafo e indicar que el pago a ser efectuado bajo terraplenes y no se realizará cualquier otro pago para excavación, préstamos u otros ítems.

## **PREPARACIÓN Y PROTECCIÓN DE LA SUBRASANTE**

Después que se ha terminado sustancialmente la subrasante, el ancho total deberá ser completado mediante la remoción de cualquier material suelto que no se encuentre apropiadamente compactado. Las áreas que observen depresiones deberán ser rellenadas y compactadas con material aprobado. Se escarificará, rodillará y se utilizarán los métodos que sean necesarios para que la subrasante alcance los alineamientos y pendientes indicadas en los planos.

Se efectuará la nivelación de la subrasante de forma que drene rápida y efectivamente. El Contratista debe tomar las precauciones que fueran necesarias para proteger la subrasante de cualquier daño. Se debe limitar el tránsito sobre la subrasante terminada a lo estrictamente esencial para propósitos de construcción

Si se forman surcos se volverá a conformar y rodillar la subrasante.

No se permitirá colocar la subbase ó la capa de superficie sobre la parte superior de la subrasante, hasta que la subrasante sea aprobada por el Ingeniero.

## **TRANSPORTE**

El transporte se considerará como parte necesaria e inherente del trabajo. El Contratista debe considerar su costo e incluirlo en el precio unitario del contrato para el pago de los ítems de trabajo involucrados. No se hará ningún pago por separado ni directamente por transporte en el trabajo

## **TOLERANCIAS**

En las secciones donde se va a colocar una sub - base o base, la parte superior de la subrasante debe ser de tal uniformidad que, cuando se pruebe con una regla de 4.80 m, aplicada paralelamente y en ángulo recto a la línea central no tendrá una desviación mayor de 12 mm o no tendrá más 0.015 m de diferencia de la verdadera cota que se ha fijado por las estacas de la rasante. Cualquier desviación en exceso de esas cifras se corregirá ablandando, agregando o removiendo materiales, volviendo a conformar y recompactando con riego y rodillado.

En las franjas de aterrizaje, intermedias y otras áreas señaladas, la superficie será uniforme, la variación no será mayor de 0.03 m con respecto a la verdadera rasante fijada por las estacas de rasante. Cualquier desviación que exceda esa cifra se corregirá ablandando, añadiendo o removiendo materiales y volviendo a conformar.

## **TIERRA VEGETAL**

Cuando se especifique o requiera tierra vegetal como se indica en los planos o bajo el ítem T-905, ésta se recuperará de las operaciones de desmonte o nivelación. La tierra vegetal debe cumplir con los requerimientos del ítem T-905. Si en el momento de la excavación o desmonte, no se puede colocar la tierra vegetal en el lugar apropiado y definitivo de la construcción, se acumulará el material en lugares apropiados. Las rumas no se colocarán a una distancia no menor de ( ) de las pistas de aterrizaje y ó ( ) de las calles de rodaje y salida y no deben ser colocadas en las áreas que posteriormente requerirán cortes o rellenos. Si, a juicio del Ingeniero, es más práctico colocar la tierra vegetal recuperada al mismo tiempo que las excavaciones, el material será colocado en su posición final sin ni más manipulamiento.



El Ingeniero debe especificar las apropiadas de acuerdo con AC 150/5370-2 Seguridad Operacional en Aeropuertos durante la Construcción, Apéndice 1.

Terminadas las operaciones de nivelación, la tierra vegetal se colocará y manipulará como se indique ó como está requerido en el Ítem P-905.

No se hará ningún pago directo por tierra vegetal aparte de lo señalado en el ítem P-152. La cantidad removida y colocada o apilada se pagará al precio del contrato por metro cúbico de Excavación No Clasificada.

Cuando se acumula tierra vegetal y más tarde se le vuelve a manipular se hará bajo la dirección del Ingeniero, el material así manipulado se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico para Tierra Vegetal según lo previsto en el Ítem T-905.

#### **METODOS DE MEDICION**

La cantidad de excavación a ser pagada será el número de metros cúbicos medidos en su posición original.

La medición no debe incluir la cantidad de materiales excavados no autorizados que estén por debajo de las pendientes ó la cantidad de materiales usados otros propósitos que los dados.

El material de préstamo debe ser pagado según el número de metros cúbicos medidos en su posición original.

Los  
posición tan pronto como el material haya sido

Si el Ingeniero desea especificar algún pago por rellenos colocados in situ en vez de pagar la excavación, se debe borrar el párrafo 3.1 y sustituir por lo siguiente “la cantidad de terraplén a ser pagada debe ser el número de metros cúbicos medidos en su posición final”.

La cantidad a pagar según lo especificado serán los metros cúbicos para todas las (excavaciones) (rellenos), estos metrados deben ser calculados mediante el método

de las áreas promedio. El área final es aquella establecida por la línea de terreno original mediante las secciones transversales de campo y la línea teórica final establecida mediante las secciones transversales mostradas en los planos, sujetas a la verificación del Ingeniero. Después de terminarse todas las operaciones de (excavación) (relleno) y antes de la colocación del material de base ó subbase, el Ingeniero debe verificar las (excavaciones) (rellenos) finales mediante promedios de secciones transversales de campo tomadas aleatoriamente a intervalos que no excedan 150 metros.

Se deben emplear las secciones transversales finales de campo, si se efectuaron los siguientes cambios:

Se modificó el ancho de los terraplenes ó excavaciones en más de  $\pm 0.3$  m, ó

Se modificaron las cotas de terraplenes ó excavaciones en más de  $\pm 0.15$  metros.

#### BASES DE PAGO

“Excavación No clasificada” Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

Exca

precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

“Excavación Drenes”. Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos (incluye bombeo si no está especificado aparte), herramientas y todo lo necesario para completar este ítem.

“Excavación en préstamos”. Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

“Rellenos In Situ”. Se pagará al precio unitario del contrato por metro cúbico. Este precio constituirá la compensación total por el suministro de todos los materiales, mano de obra, equipos, herramientas y lo necesario para completar este ítem.

Los pagos serán hechos bajo:

Ítem P-152-4.1	Excavación No clasificada – metro cúbico
Ítem P-152-4.2	Excavación en rocas – metro cúbico
Ítem P-152-4.3	Excavación en turbas – metro cúbico
Ítem P-152-4.4	Excavación para drenaje – metro cúbico
Ítem P-152-4.5	Excavación para préstamo – metro cúbico
Ítem P-152-4.6	Material - metro cúbico
Ítem P-152-4.7	Rellenos en sitio – metro cúbico

El Ingeniero debe incluir sólo aquellas partidas o ítems que estén en el presupuesto de oferta.

#### REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS

ASTM D 698	Relaciones de humedad – densidad en suelos y mezclas de suelos usando el pisón de 2.5 Kg. y caída de 300 mm
ASTM D 1556	Densidad in situ de suelos mediante el cono de arena
ASTM D 1557	Relaciones densidad - humedad en suelos y mezclas de suelos

usando el pisón de 4.5 Kg. y caída de 45 cm

ASTM D 2167            Densidad in situ de suelos mediante el volúmetro

## **ITEM P – 160 CERCO PERIMETRICO**

### **INSTALACION DE CERCO PERIMETRICO**

#### **DESCRIPCION**

Estas actividades están referidas a la instalación del cerco perimétrico del aeródromo de acuerdo a las medidas y dimensiones indicadas en los planos.

La partida comprende las operaciones de excavación, construcción de la cimentación, colocación de postes de madera y alambres de púas.

#### **MATERIALES**

Se emplearán arena, cemento, clavos, alambre de púas, pintura y todo material indicado en el plano correspondiente.

#### **METODO DE CONSTRUCCION**

Se efectuarán trabajos topográficos de alineamiento horizontal para proporcionar las ubicaciones y dimensiones correspondientes a los límites del aeródromo de acuerdo al perímetro del área destinada para el Aeródromo, indicado en el plano respectivo.

#### **METODO DE MEDICION**

Este trabajo será medido por metro lineal de cerco perimétrico instalado con aprobación del Ingeniero Supervisor.

#### **BASES DE PAGO**

La cantidad de cerco perimétrico instalado será pagada al precio unitario establecido en el Contrato para la partida, el que incluirán todos los trabajos a efectuarse.

Dichos precios y pago constituirán la compensación total por la mano de obra, materiales, equipos, herramientas y en general todos los trabajos e insumos requeridos para la ejecución de la partida de acuerdo a estas especificaciones.

## 4. METRADOS

En esta etapa se utilizan los planos obtenidos en los respectivos diseños (geométrico, estructural, drenaje y otros), para obtener con precisión, la cantidad de insumos que serán necesarios para llevar a cabo la ejecución de la obra. Tanto materiales, como herramientas y mano de obra.

Por medio del cómputo métrico se miden las estructuras o elementos que forman parte de una obra de ingeniería, con el objeto de:

- a) Establecer el costo de la misma o una de sus partes;
- b) Determinar la cantidad de materiales necesarios para ejecutarla.

Se trata entonces de un problema de medición de longitudes, áreas y volúmenes, que requiere del manejo de formulas geométricas y planteos aritméticos, por lo común sencillos y del dominio general.

El trabajo de medición puede ser ejecutado de dos maneras: sobre la obra misma, o sobre los planos

Reglamentación: En nuestro país existe el denominado Reglamento de Metrados para Obras de Edificación (DS N° 013-79-VC del 29.4.79), la cual se ha tomado como referencia para la medición de algunas partidas; se acota, que para la especialidad de ingeniería de transportes no existe reglamentación de metrados específicos.

Para la medición de los metrados de la obra se ha tomado en cuenta los planos definitivos (perfiles longitudinales, secciones transversales, planos de planta, etc.) y las especificaciones técnicas correspondientes.

Durante la operación de metrado se han puesto en evidencia los errores y omisiones cometidas en el dibujo de planos, de donde resulta que el computista es también un eficaz colaborador del proyectista

Dentro de los límites razonables de tolerancia se debe lograr un grado de exactitud tanto mayor, cuando sea mayor el costo del rubro que se estudia.

#### **4.1 Resumen de Metrados**

Se adjunta en hoja adjunta la relación de todas las partidas con sus correspondientes metrados del Valor Referencial de la Obra Mejoramiento del Aeródromo de Breu.

#### **4.2 Metrados por Partidas**

De igual forma, se adjunta en hojas adjuntas la relación de todas las partidas con el sustento de los metrados considerados para determinar el Valor Referencial de la Obra Mejoramiento del Aeródromo de Breu.

## 5. COSTOS Y PRESUPUESTOS

### 5.1 Costos Directos

#### BASES DE CÁLCULO

En el presente capítulo se procederá a la determinación del costo directo de la obra, en tal sentido se expondrá primeramente los criterios y metodología adoptada para la obtención los análisis de precios unitarios de las diferentes partidas del Valor Referencial de la Obra, habiéndose tenido en cuenta los componentes de dicho análisis como son: mano de obra, equipo mecánico, materiales y transporte.

Para el análisis de precios unitarios de cada partida se ha tratado de establecer el justo valor que represente su ejecución en la zona de trabajo, acorde con las características técnicas del proyecto y condiciones ambientales y/o climatológicas de la zona, considerando que estas últimas inciden en el rendimiento de la mano de obra y/o equipo mecánico.

#### MANO DE OBRA

Los costos de Mano de Obra corresponden a los jornales establecidos por las publicaciones especializadas, los mismos que reflejan las remuneraciones para el personal de la industria de la construcción civil, así también se tiene en cuenta la ley de la oferta y demanda del mercado local fija para los operarios, oficiales, peones y capataces de construcción civil; en las cuales se han estimado los beneficios sociales tales como: Indemnizaciones, seguros de salud y de trabajo, vacaciones, impuestos, gratificaciones, etc.

En el cuadro siguiente se detallan todos los rubros considerados para el cálculo de los costos de la mano de obra, correspondiente al Departamento de Ucayali vigente al mes de Octubre de 2010.

#### EQUIPO MECANICO



Para la determinación de los precios del insumo Equipo Mecánico, se ha tomado como base las tarifas de alquiler horario de mercado, señaladas en diversas revistas de construcción, dicho medio se puede considerar como válido para la determinación del precio del insumo de cada uno de las maquinarias a ser utilizadas.

Se acota, que de manera de manera referencial se reviso las tablas actualizadas de tarifas máximas de alquileres horarios para contratar maquinaria y equipo para los trabajos de movimiento de tierras y obras, emitidas por el MTC.

Por encontrarse la obra ubicada en una zona selva, los rendimientos tomados serán los correspondientes a esta zona.

Se está considerando el transporte de la maquinaria vía terrestre Lima – Pucallpa, vía fluvial Pucallpa – Nueva Italia y vía terrestre Nueva Italia – Breu, en una vía de trocha de 191 km aproximadamente; acotándose, que este último tramo de vía es utilizable en temporada de verano por los que explotan madera.

#### ESPONJAMIENTO Y CONTRACCION DE LOS MATERIALES

En los trabajos de movimiento de tierras, al extraerse un material se observa que aumenta de volumen, estos aumentos de volumen son debidos al aumento de volumen de vacios, pues el mineral no sufre aumentos de volumen apreciable. A este aumento de metros cúbicos medidos en el banco a los metros cúbicos sueltos se les llama esponjamiento.

Lo contrario sucede, cuando se compacta un material. Un material suelto cuando se compacta un relleno, en un terraplén, etc., Disminuirá de volumen, llamándose a este proceso contracción.

Estos cambios de volumen se expresan en porcentaje y se calculan en función de las densidades de los materiales en estado natural, ósea in-situ, en estado suelto, ósea cuando ha sido excavado y en estado compacto, ósea cuando ha sido colocado en la obra debidamente compactada.

No se puede fijar límite para los cambios de volumen, pues varían de acuerdo al tipo de material, composición, etc., pero en las líneas generales, para el presente estudio se han tomado los valores promedios de variación:

Tierra vegetal o material orgánico e=30%

Material suelto e=20%

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

La determinación del precio unitario de una actividad, que está condicionado a múltiples factores, los cuales a saber son: i) El precio de los insumos necesarios, ii) El rendimiento general de la actividad, iii) El rendimiento de las maquinarias utilizadas, iv) El tipo de maquinaria utilizada, v) Las condiciones en las cuales se desarrollará la actividad (clima, topografía, visibilidad, altitud), por citar algunos; factores variables los cuales nos permitirán que se pueda establecer de forma anticipada el costo de una actividad. Por consiguiente el presupuesto de una obra tendrá por finalidad estimar - siguiendo una metodología apropiada - el costo de la misma.

Bajo este contexto, la determinación de la validez o no de un precio unitario depende de las consideraciones que se tengan en cuenta al evaluar los factores antes indicados, los mismos que podrán arrojar, en algunos casos, diferencias marcadas en el precio unitario de una partida, sin que por ello suponga la existencia de un error en alguno de ellos.

Es fundamental, al elaborar un análisis de precios unitarios tener en cuenta lo establecido en las especificaciones técnicas de cada una de las partidas a desarrollar, las cuales nos permitirán conocer en detalle los mecanismos de ejecución de la actividad, el tipo de insumos a utilizar, así como también la manera de cuantificarla, entre otras consideraciones de suma importancia las cuales necesariamente se tendrán que tener en cuenta para que sean incluidas dentro de los costos unitarios de cada una de las partidas.

A continuación se presentan los costos de los insumos tomados en cuenta para la elaboración del análisis de precios unitarios y presupuesto de obra, tales como:

Mano de obra

Equipo Mecánico

Materiales.

En hojas adjuntas se presentan los análisis de precios unitarios de las partidas consideradas para la obra de mejoramiento del aeródromo; asimismo, se presenta el análisis del ciclo de transporte para el traslado de materiales en obra.

## **5.2 Costos Indirectos**

De igual forma, se adjunta en hojas adjuntas la determinación de los Costos Indirectos para determinar el Valor Referencial de la Obra Mejoramiento del Aeródromo de Breu.

## **5.3 Presupuesto de Obra o Valor Referencial de Obra**

El presupuesto de una obra o Valor Referencial de una Obra, por definición es “Presuponer el costo que tendrá una obra a su término”; dicho de otra forma, es tratar -mediante un análisis técnico-económico profundo de las actividades necesarias de ejecutar- de determinar el valor que tendrá una obra antes de ser ejecutada.

El monto de un presupuesto, no constituye de manera absoluta el valor de una obra, esto debido fundamentalmente a que los elementos básicos que la constituyen (análisis de precios unitarios) muy difícilmente representarán los costos reales que demandarán en su ejecución.

Adjunto al presente se presenta el Valor Referencial Estimado de la Obra de Mejoramiento del Aeródromo de Breu.

## **5.4 Fórmulas Polinómicas**

Se adjunta en hojas adjuntas los resultados de las formulas polinomicas de reajuste de la Obra Mejoramiento del Aeródromo de Breu.

## 6. PROGRAMACION DE OBRAS

La realización de un proyecto de ingeniería implica, tener en cuenta, la existencia de dos fases bien marcadas y claramente diferenciadas: la planificación y la programación.

La planificación es la determinación de las diferentes actividades que deben ejecutarse, para el logro del proyecto, estableciendo un orden lógico en su ejecución. En esta etapa se proyectara el pensamiento hacia adelante, tratando de ejecutar mentalmente el desarrollo de la obra, con la finalidad de visualizar todos los factores que incidirán en el proyecto.

La programación es la elaboración de tablas y gráficos en las que se muestran los tiempos de duración, de inicio, y de terminación de cada una de las actividades que forman el proyecto, en armonía con la disponibilidad de recursos. Se formula asignando los recursos disponibles, en la secuencia y en las cantidades adecuadas, de acuerdo a las necesidades determinadas en la planificación. Al desarrollar el programa el propósito, fundamental, es terminar el proyecto en el mejor tiempo posible y al menor costo.

En la actualidad, en la industria de la construcción, se aplican sistemas de planeamiento, programación y control tales como el Gantt, Pert-Cpm, Construcción en cadena Primavera, Project, etc. Estas técnicas convenientemente empleadas, conducen a optimizar el uso de los recursos y minimizar el costo del proyecto.

Todos estos sistemas de control son gráficos que permiten visualizar, con mucha facilidad, la evolución de un proyecto desde su inicio hasta la culminación, mostrando además la ubicación y la relación de cada una de las actividades que intervienen en el proyecto.

## **6.1 PROGRAMACION GANT O DIAGRAMA DE OBRA**

Es un diagrama de barras cartesiano que partiendo de dos ejes ortogonales estudia las relaciones existentes entre dos variables: Actividades Vs Duración de los mismos.

Este sistema de programación proporciona una idea bastante clara del proceso productivo en donde será posible mejorar o tantear los tiempos de ejecución en base a las diferentes alternativas. el diagrama de Gantt describe y enumera todas las actividades del proyecto, en una secuencia propia, y al mismo tiempo muestra el estimado de la duración de cada actividad.

Se adjunta al presente el Diagrama de Obra Gantt en la cual se determina que el tiempo estimado para la ejecución de obra es de seis meses.

## **6.2 PROGRAMACION PERT – CPM**

Es una técnica de planificación que fue creado con la finalidad de hacer del diagrama de barras una herramienta más dinámica y científica. Los elementos básicos del PERT-CPM son un grafo y una ruta critica.

El grafo es la representación grafica de un proyecto mediante fechas orientadas, las que se enlazan entre sí formando una malla o una red, cuyo sentido indica el desarrollo del proyecto a lo largo del tiempo. Los elementos del grafo PERT-CPM son los sucesos y las actividades. Suceso, llamado también evento, es el inicio o fin de una actividad; es un instante de tiempo que puede ser identificado claramente; se le representa con un círculo. Actividad, llamada también tarea, es el trabajo que se realiza en el tiempo y su característica fundamental es el consumo de recursos a través de él; Se le representa por una flecha orientada, del suceso inicial al final.

Para efecto del presente tema de Tesis, se ha empleado como herramienta el software Microsoft Office Project, el cual ha toma en cuenta el planeamiento, programación y control por el método del camino critico, que permite la integración del gerenciamiento en sus fases, entre otros, de administración del proyecto. No siendo el objetivo del capítulo, explicar el desarrollo de estas técnicas, sino básicamente

aplicarlos a nuestro proyecto de tesis, por lo cual se adjunta la programación de obra respectiva.

Es importante resaltar que teniendo en cuenta los registros de más bajas precipitaciones pluviales de la zona, se debiera programar el desarrollo de las obras de mejoramiento durante los meses de mayo a noviembre 2011, para lo cual el proceso de licitación de obra se podrá realizar entre los meses de febrero y marzo.

## CONCLUSIONES

1. El presente tema de Tesis tiene como finalidad describir y proponer los principios básicos y criterios técnicos necesarios para la aplicación de la ingeniería de aeródromos, de tal forma de contar con la documentación técnica que permita el Mejoramiento del Aeródromo Municipal de Breu, ubicado en la frontera nor este del país.
2. Asimismo, tiene como objetivo contribuir y/o apoyar para la ejecución del Mejoramiento del Aeródromo de Breu, a fin de dar solución al problema de baja seguridad durante las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves usuarias, y apoyar de esta forma al desarrollo de esta zona fronteriza de la provincia de Atalaya.
3. Debido a que no se cuenta con vías de transporte terrestre y que no hay conexión fluvial a dicha localidad, el Mejoramiento del Aeródromo de Breu es de vital importancia para el desarrollo de esta zona e intercambio comercial con las demás provincias del territorio nacional y con las localidades colindantes de la República de Brasil.
4. El aeródromo de Breu requiere de un mejoramiento integral, para lo cual se ha planteado reorientar en 6° el actual eje de la pista de aterrizaje y/o despegue, a fin de permitir la ampliación futura de la pista, lográndose una pista de 1300 m de largo por 30 m de ancho y con un pavimento adecuado a nivel de mortero asfáltico, de tal forma que permita las operaciones de aeronaves de tipo Regional, con Clave de Referencia 3 C.
5. El Estudio de Ingeniería “Mejoramiento del Aeródromo de Breu” tiene como uno de los objetivos principales brindar de un adecuado Plan Maestro al aeródromo en estudio, de tal forma que se pueda desarrollar en forma armónica, racional y por etapas, de acuerdo con las pautas técnicas que se deriven del balance entre oferta y demanda, tanto presente como futuras, en un horizonte de 20 años.
6. En una primera etapa, a fin de dar atención a las operaciones de aviones ligeros con clave de referencia 1 B en condiciones visuales, se plantea la construcción de una Pista de Aterrizaje de 900 m de longitud por 18 m de ancho, con el eje de pista reorientado (pista 01/19), con un pavimento a nivel de mortero asfáltico Slurry Seal colocado sobre una base estabilizada de arena – cemento y una sub base de arena – arcilla; asimismo, se toma en cuenta la construcción de una plataforma de estacionamiento de aeronaves y su respectiva calle de salida.
7. Considerando que en una primera etapa los pavimentos del aeródromo es para atender las operaciones de aeronaves ligeras, se está adoptando un pavimento con una estructura poco convencional, compuesto de un Mortero Asfáltico de alta calidad como el “Slurry Seal” colocada sobre una base arena-cemento y sub base arena – arcilla, debido a la no existencia de material gravoso en la zona, inaccesibilidad de la zona para trasladar equipo de envergadura y debido al poco volumen de trabajo no justifica el llevar una planta de asfalto en caliente a la obra.
8. La inversión del proyecto está garantizada considerando que el Estado Peruano ha dispuesto la adquisición de 16 aeronaves ligeras Twin Otter a fin de brindar



vuelos de apoyo cívico a las zonas fronterizas, así mismo ha dispuesto el inicio de los vuelos subsidiados en Pucallpa, que permitirán la rebaja en más del 80 por ciento del precio de los pasajes desde esa ciudad hacia tres de sus zonas de frontera.

9. La toma de información de campo (topografía, suelos y canteras) para la elaboración del estudio de Pre inversión, en la cual el suscrito participo en calidad de asistente de campo, ha permitido el desarrollo del presente tema de tesis, por lo cual creemos haber logrado en gran parte el objetivo planteado.
10. El Valor Referencial Estimado de la Obra “Mejoramiento del Aeródromo de Breu“, con precios al mes de octubre 2010, asciende al monto de S/. 4'557,103.51.

## RECOMENDACIONES

1. La Municipalidad distrital de Yurua debe adquirir o expropiar las áreas de terrenos necesarias para el máximo desarrollo del aeródromo, de acuerdo al Plan Maestro propuesto, con lo cual se tendrá una capacidad para satisfacer la demanda hasta el año 2030.
2. Los trabajos de Mejoramiento del Aeródromo de Breu, se deben realizar, tomando en cuenta el presente estudio de ingeniería, para lo cual se complementara o verificara los estudios de campos realizados (Suelos, Canteras, Topografía e Información Meteorológica).
3. Los procedimientos de construcción y supervisión se deberán efectuar de acuerdo a lo estipulado en las especificaciones técnicas de construcción y planos adjuntos al presente estudio.
4. Tomando en cuenta los registros referenciales de precipitaciones pluviales en la zona se dan durante los meses de diciembre – abril, es recomendable que se programe la realización de las obras de mejoramiento, durante el periodo de mayo a noviembre.
5. Se debe prever la instalación de una estación meteorológica dentro del aeródromo, en el borde de la franja de pista y aproximadamente a unos 150 m del umbral de pista más usado, para obtener la información de las variables meteorológicas, particularmente del comportamiento de los vientos por un periodo mínimo de cinco años de antigüedad, en concordancia a lo establecido en el Anexo 14 – Aeródromos de la OACI,
6. Tomando en cuenta el requerimiento y necesidades futuras, las cuales determina la capacidad operativa del aeródromo, se realizara cuando sea justificable, el refuerzo estructural del pavimento y el crecimiento por etapas del aeródromo de estudio, de acuerdo a lo propuesto en el Plan Maestro.
7. En base a las superficies de limitación de obstáculos (SLO) del aeródromo se debe preservar el espacio aéreo y condicionar construcciones en función de su altura en las áreas de influencia, asimismo se deberán crear mecanismos de consulta previa por parte de la municipalidad a la entidad que gestiona el aeródromo, antes de cualquiera autorización de construcción.
8. Es recomendable se implemente regulaciones sobre el desarrollo y utilización de actividades que se puedan realizar alrededor del aeródromo, para así evitar que haya construcciones que afecten negativamente la actividad del aeródromo de Breu.
9. Se debe elaborar un Plan de Zonificación de Ruido, el cual está compuesto por las curvas de ruido y por la zonificación de las áreas delimitadas por estas curvas, donde se establezcan las restricciones al uso del suelo; por lo tanto, es necesario trazar curvas que delimitan las áreas alrededor del aeródromo en función del impacto sonoro, las cuales se generan a partir de los datos operacionales del proyectado aeródromo.
10. Se debe dar cumplimiento a la ejecución de las medidas de carácter técnico, económico y social que controlen y/o mitiguen los impactos ambientales

perjudiciales directos e indirectos que podían ser generados por la planificación, construcción y operación del proyecto.

11. El Valor Referencial de la Obra debe ser actualizado, teniendo en cuenta que no debe tener una antigüedad mayor de seis meses respecto a la fecha de convocatoria de la Licitación, en concordancia al numeral 27 de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado. Asimismo, durante la actualización del presupuesto se deberá tener en cuenta la reducción del valor del Impuesto General a las Ventas (IGV) en un punto porcentual, de 19% a 18%, en concordancia a la Ley N° 29666 que entra en vigencia a partir de marzo 2011.

## BIBLIOGRAFIA

Organización de Aviación Civil Internacional - OACI  
“Anexo 14- Aeródromos- Volumen I.” Cuarta edición –  
Julio 2004, Canadá.

Organización de Aviación Civil Internacional - OACI  
“Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. 9157)” Parte 1  
– Pistas, Tercera edición -2006, Canadá.

Organización de Aviación Civil Internacional - OACI  
“Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. 9157)” Parte 2  
- Calles de rodaje, plataforma y apartaderos de espera,  
Segunda edición -1983, Canadá.

Organización de Aviación Civil Internacional - OACI  
“Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. 9157)” Parte 3  
– Pavimentos, Segunda edición -1983, Canadá.

Organización de Aviación Civil Internacional - OACI  
“Manual de Diseño de Aeródromos (Doc. 9157)” Parte 4  
- Ayudas visuales, Cuarta edición - 2004, Canadá.

Organización de Aviación Civil Internacional - OACI  
“Manual de Planificación de Aeropuertos (Doc. 9184)”  
Parte 1 – Planificación general, Segunda edición -1987,  
Canadá.

Organización de Aviación Civil Internacional - OACI  
“Manual de Planificación de Aeropuertos (Doc. 9184)”  
Parte 2 – Utilización del terreno y control del medio ambiente, Tercera edición - 2002, Canadá.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones –  
Dirección General de Aeronáutica Civil “Estudio de Pre  
inversión del Mejoramiento del Aeródromo de Breu” –  
Atalaya – Ucayali “Agosto 2007, Perú.

Isidoro Carmona – “Fundación Aeropuertos Españoles y  
Navegación Aérea (AENA) Servicios Aeroportuarios”  
2004, España.

Federal Aviation Administration (FAA) - “Airport  
Design” – Advisory Circular – 1989, Washington,  
Estados Unidos de América.

International Air Transport Association (IATA) –  
“Airport Development Reference Manual” 9° Edition –  
2004, Canada.

## ANEXOS

- Anexo 9.1 Información Topográfica
- Anexo 9.2 Información Meteorológica
- Anexo 9.3 Resultados de los Ensayos de Suelos y  
Canteras
- Anexo 9.4 Metrados de Explanaciones
- Anexo 9.5 Relación de Planos

## **Anexo 9.1 Información Topográfica**

## **Anexo 9.2 Información Meteorológica**



## **Anexo 9.3 Resultados de los Ensayos de Suelos y Canteras**

## **Anexo 9.4    Metrados de Explanaciones**

## **Anexo 9.5    Relación de Planos**