

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Evaluaciones funcionales y estructurales de
los pavimentos del lado aire en el Aeropuerto
de Cajamarca**

Lourdes Rene Cruz Flores

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN EJECUTIVO	x
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I.....	1
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Datos generales de la institución.....	1
1.1.1. Razón social de la empresa.....	1
1.1.2. RUC.....	1
1.1.3. Representante legal de la empresa.....	1
1.1.4. Jefe inmediato	1
1.1.5. Dirección de la empresa	1
1.1.6. Departamento	1
1.2. Actividades principales de la institución y/o empresa	1
1.2.1. Servicios de consultoría	2
1.2.2. Desarrollo y fabricación de equipos	3
1.2.3. Desarrollo, implementación y actualización de software	10
1.2.4. Servicio y Soporte para equipos de evaluación de pavimentos.....	11
1.3. Reseña histórica de la institución y/o empresa	12
1.4. Organigrama de la institución y/o empresa.....	16
1.5. Visión y misión	17
1.5.1. Visión.....	17
1.5.2. Misión	17
1.6. Bases legales o documentos administrativos	18
1.7. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales.....	19
1.8. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución y/o empresa	19
CAPÍTULO II.....	21
ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	21
2.1. Antecedentes o diagnostico situacional.....	21
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	21
2.3. Objetivos de la actividad profesional	22
2.3.1. Objetivo general.....	22
2.3.2. Objetivos específicos	22

2.4. Justificación de la actividad profesional	22
2.5. Resultados esperados	23
CAPÍTULO III	24
MARCO TEÓRICO	24
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas.....	24
3.1.1. Contrato de Concesión del primer grupo de aeropuertos de provincia de la República del Perú (Comité de Proinversión en proyectos de infraestructura y servicios Públicos)	24
3.1.2. Concurso Público Nacional CPN N°002-19-ADP “EVALUACIONES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DE LOS PAVIMENTOS DEL LADO AIRE 2019”	25
3.1.3. Normativa de evaluaciones	28
CAPÍTULO IV.....	124
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	124
4.1. Descripción de actividades profesionales	124
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales	124
4.1.2. Alcance de las actividades profesionales	125
4.1.3. Entregables de las actividades profesionales.....	125
4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	166
4.2.1. Metodologías	166
4.2.2. Técnicas	166
4.2.3. Instrumentos	166
4.2.4. Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades	167
4.3. Ejecución de las actividades profesionales.....	169
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas	169
4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	170
CAPÍTULO V	171
RESULTADOS.....	171
5.1. Resultados finales	171
5.2. Logros alcanzados	171
5.3. Dificultades encontradas	172
5.4. Planteamiento de mejoras.....	172
5.4.1. Metodologías propuestas.....	172
5.4.2. Descripción de la Implementación	173
5.5. Análisis.....	176
5.6. Aporte del bachiller en la empresa y/o institución	176
CAPÍTULO VI.....	178
CONCLUSIONES	178

CAPÍTULO VII.....	179
RECOMENDACIONES	179
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	184
ANEXOS	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfilómetro Láser (RSP) MkIII	4
Figura 2. Perfilómetro Láser (RSP) MkIV	5
Figura 3. Vehículo Multifuncional – MFV	6
Figura 4. Runway Friction Tester – RFT	7
Figura 5. Falling Weight Deflectometer – FWD	7
Figura 6. Fast Falling Weight Deflectometer – FastFWD	8
Figura 7. Heavy Weight Deflectometer – HWD	9
Figura 8. Light Weight Deflectometer – LWD	10
Figura 9. Organigrama Dynatest Perú S.A.C.	16
Figura 10. Esquema de la medición de la altura de la protuberancia	32
Figura 11. Determinación de regla mínima	32
Figura 12. Criterios de aceptación de rugosidad de golpe de evento único.....	36
Figura 13. Criterios de aceptación de rugosidad de golpe de Boeing.....	37
Figura 14. Captura de pantalla del programa de conversión de formato de perfil.....	40
Figura 15. Captura de pantalla de ProFAA que muestra el perfil de ejemplo y el BBI calculado a partir del perfil	42
Figura 16. Porción ampliada del gráfico BBI	42
Figura 17. Detalles de la BBI en un punto seleccionado	43
Figura 18. Relación entre el porcentaje de resbalamiento y el coeficiente de rozamiento en una pista mojada	50
Figura 19. Ciclo de vida típico de la condición del pavimento.	65
Figura 20. Concepto de preservación de Pavimentos.....	67
Figura 21. Ejemplo de escalas de calificación PCI para pavimentos de Aeródromos..	71
Figura 22. Dos ejemplos de escalas de calificación del Índice de condición del pavimento (PCI).....	74
Figura 23. Hoja de datos inspección del estado del pavimento flexible para la unidad de muestra.....	76
Figura 24. Ejemplo de una hoja de datos de inspección del estado del pavimento flexible	79
Figura 25. Ajuste del número de DVs	81
Figura 26. Cálculo del valor de PCI corregido – Pavimento flexible.	81
Figura 27. Análisis de datos de deflexión y diagrama de flujo de diseño.....	86
Figura 28. Dynatest FWD.	90
Figura 29. Modos computacionales del programa COMFAA.....	107
Figura 30. Operación del programa COMFAA en modo ACN.	108
Figura 31. Operación del programa COMFAA en modo por lotes PCN.....	108
Figura 32. Funcionamiento del programa COMFAA solo ACN, versión en modo por lotes.....	111
Figura 33. Programa COMFAA, versión solo ACN en modo por lotes.	111
Figura 34. Programa COMFAA, versión solo ACN en modo por lotes	119
Figura 35. Esquema de Procesos para las Evaluaciones Funcionales y Estructurales.	125
Figura 36. Esquema de etapas y desarrollo de actividades.	126
Figura 37. Esquema de Actividades de Etapa I.....	127
Figura 38. Esquema de desarrollo de Actividad N.º 1 Presentación de proyecto.	128
Figura 39. Revisión del Perfilómetro Láser RSP Mark III	129
Figura 40. Armado de la estructura de láseres LCMS del MFV.....	130

Figura 41. Check list de Componentes principales pertenecientes al HWD.	130
Figura 42. Revisión de Sistemas Hidráulico y electrónico	131
Figura 43. Revisión de Sistemas electrónicos.....	131
Figura 44. Equipo preparado para su movilización	131
Figura 45. Esquema de desarrollo de Actividad N°2 Movilización de equipos.....	132
Figura 46. Ejes para Medición del Boeing Bump Index (BBI)	133
Figura 47. Medición de perfilometría en pista de aterrizaje – Aeropuerto de Cajamarca	134
Figura 48. Sistema LCMS – MFV.....	135
Figura 49. Ejes para Medición con equipo MFV en pista de aterrizaje	135
Figura 50. Auscultación de daños de manera manual en plataforma de estacionamiento.....	136
Figura 51. Distribución de los ejes de medición de deflexiones en pista	137
Figura 52. Distribución de los ejes de medición de deflexiones en calle de rodaje....	137
Figura 53. Ensayo de Deflectometría en la pista de aterrizaje	138
Figura 54. Ensayo de Deflectometría en plataforma de viraje de la pista de aterrizaje.	138
Figura 55. Ensayo de Deflectometría en calle de Rodaje Alfa.....	139
Figura 56. Ensayo de Deflectometría en Plataforma de estacionamiento	140
Figura 57. Esquema de desarrollo de Actividad N°3 Ejecución de Ensayos No destructivos.	140
Figura 58. Esquema de Actividades de Etapa II.....	141
Figura 59. Altura y longitud de Bache (BumpHeight y BumpLength).....	142
Figura 60. Criterios de Aceptación de Rugosidad	144
Figura 61. Interfaz Programa ProFAA.....	145
Figura 62. Rangos y Categorías de PCI	146
Figura 63. Interfaz de Software LcmsRoadInspect.....	148
Figura 64. Principio del sistema LCMS	149
Figura 65. Visualización de deterioros en Dynatest Explorer	150
Figura 66. Deterioros exportados al Google Earth	151
Figura 67. Interfaz de Software PAVER 7	153
Figura 68. Sectorización ejes a 3m Pista de Aterrizaje - Zona cargada	154
Figura 69. Sectorización ejes a 20m Pista de Aterrizaje – Zona no cargada.....	154
Figura 70. Interfaz del software ELMOD 6 utilizado para el retrocálculo	156
Figura 71. Datos de entrada de la estructura de pavimento a ELMOD 6.....	157
Figura 72. Esquema de desarrollo de Actividad N.º 1 Análisis y resultados	161
Figura 73. Esquema de desarrollo de Actividad N.º 2 Firma y sello de entregables..	162
Figura 74. Formato de Hoja de Remisión de Documentos – HRD	163
Figura 75. Esquema de desarrollo de Actividad N.º 3: Presentación de entregables	163
Figura 76. Esquema de Actividades de Etapa III.....	164
Figura 77. Formato de Hoja de Remisión de Documentos con observaciones	164
Figura 78. Esquema de desarrollo de Actividad N°1 Absolución de Observaciones.	165
Figura 79. Diagrama de actividades.....	170
Figura 80. Sistema guía.....	173
Figura 81. Interfaz del Sistema Guía.....	174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Formatos de archivo de entrada y salida para convertir formato de perfil.....</i>	39
Tabla 2	<i>Niveles correspondientes a las condiciones de superficie de la pista.</i>	56
Tabla 3	<i>Clasificación del nivel de fricción para las superficies del pavimento de la pista.....</i>	58
Tabla 4	<i>Desplazamientos laterales recomendados con respecto.....</i>	60
Tabla 5	<i>Intervalos de medición de rozamiento.....</i>	61
Tabla 6	<i>Niveles de Rozamiento en las superficies de las pistas nuevas y en uso.....</i>	62
Tabla 7	<i>Configuración de sensor recomendada.....</i>	85
Tabla 8	<i>Resumen de equipos de medición de pruebas no destructivas.....</i>	88
Tabla 9	<i>Resumen de equipos de medición de pruebas no destructivas.....</i>	89
Tabla 10	<i>Ubicación y espaciamiento típicos de prueba de pista y calle de rodaje, pies (m).....</i>	91
Tabla 11	<i>Ubicación y frecuencia típicas de las pruebas de plataformas.....</i>	92
Tabla 12	<i>Herramientas de software de la FAA para análisis, evaluación y diseño de pavimentos.....</i>	93
Tabla 13	<i>Bases teóricas de las herramientas de software de la FAA.....</i>	94
Tabla 14	<i>Distancia requerida del sensor (pulgadas) desde la placa de carga con 12 pulgadas (30 cm) de diámetro.</i>	96
Tabla 15	<i>Tipo de herramienta de software de cálculo retroactivo requerida para cada escenario de carga.</i>	97
Tabla 16	<i>Valores y Rangos de modulo típicos para materiales de pavimentación. ...</i>	98
Tabla 17	<i>Tipo de herramienta de software de cálculo retroactivo requerida para cada escenario de carga.</i>	99
Tabla 18	<i>Condición de soporte de subrasante estándar para pavimento rígido Calculo de ACN.....</i>	102
Tabla 19	<i>Condiciones de soporte de subrasante estándar para el cálculo de ACN de pavimento flexible.....</i>	102
Tabla 20	<i>Códigos de pavimento para informar PCN.....</i>	115
Tabla 21	<i>Códigos de pavimento para informar PCN.....</i>	117
Tabla 22	<i>Resumen de la relación estándar P/TC (ver nota).....</i>	121
Tabla 23	<i>Cronograma de actividades.....</i>	169

RESUMEN EJECUTIVO

NOMBRE DEL INFORME

Descripción: “Evaluaciones Funcionales y Estructurales del Lado Aire en el Aeropuerto de Cajamarca”.

OBJETIVO

El objetivo principal es describir las actividades realizadas por el profesional para el Servicio de consultoría que corresponde a las “Evaluaciones Funcionales y Superficiales del Lado Aire en el Aeropuerto de Cajamarca” por la empresa de Consultoría Dynatest Perú S.A.C, encargada de realizar estas evaluaciones.

UBICACIÓN

La evaluación y recolección de datos se obtuvo en el aeropuerto “Mayor General FAP Armando Revoredo Iglesias”, ubicado en el distrito de Baños del Inca, a 3.5 km del centro de Cajamarca.

El análisis de datos se realizó en las oficinas de Dynatest Perú S.A.C, ubicada en el distrito de San Isidro, Lima.

RESULTADOS

Como resultados, se obtuvieron informes ingenieriles de cada una de las evaluaciones realizadas en los pavimentos del lado aire del aeropuerto de Cajamarca. Allí se describen las actividades de campo y el análisis de la información recolectada en el año 2019, siguiendo las normativas y considerando las recomendaciones internacionales publicadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), Federal Aviation Administration (FAA), American Association of State Highway and

Transportation Officials (AASHTO), American Society Testing and Materials (ASTM International), entre otros.