

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO
DE CHIMBOTE”**

PRESENTADO POR
BACH. BERROCAL CASTILLO, ELWIN JHAMPIER
BACH. LÓPEZ HEREDIA, JUAN CARLOS

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

Nuevo Chimbote – Perú

2020

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO
DE CHIMBOTE”**

REVISADO POR:

**Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
Asesor**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO
DE CHIMBOTE”**

REVISADO Y APROBADO POR:

**Ms. Jenisse Fernández Mantilla
Presidente**

**Ms. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Secretario**

**Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
Integrante**

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 12 días del mes de octubre del año dos mil veinte, siendo las dos horas de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 124-2020-UNS-CFI, integrado por los docentes Mg. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitario)Presidente, Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Secretario), Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz (Integrante) y en base a la Resolución Decanal N° 268-2020-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE**" presentado por los Bachilleres **BERROCAL CASTILLO ELWIN JHAMPIER**, con código de matrícula N° 0201213032 y **LÓPEZ HEREDIA JUAN CARLOS**, con código de matrícula N° 0201213056 quien fue asesorada por el Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 283-2019-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
LOPEZ HEREDIA JUAN CARLOS	16	BUENO

Siendo las dos horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 12 de octubre de 2020.


Ms. Jenisse Fernández Mantilla
Presidente


Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Secretario


Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Integrante

"Año de la Universalización de la Salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 12 días del mes de octubre del año dos mil veinte, siendo las dos horas de la tarde, cumpliendo el con la Resolución N° 306-2020-CU-R-UNS (12.06.120) y la Directiva 003-2020-UNSVRAC, sobre la "ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES POR PARTE DE LOS ESTUDIANTES DE PREGRADO DE LA UNS, SE REALICE EN FORMA VIRTUAL; través del aplicativo virtual Zoom, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 124-2020-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio González (Presidente), Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Secretario), Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz (Integrante) y la Mg. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Accesitario) y en base a la Resolución Decanal N° 268-2020-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: "**DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE**" presentado por los Bachilleres **BERROCAL CASTILLO ELWIN JHAMPIER**, con código de matrícula N° 0201213032 y **LÓPEZ HEREDIA JUAN CARLOS**, con código de matrícula N° 0201213056 quien fue asesorada por el Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 283-2019-UNS-FI.

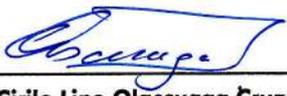
El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
BERROCAL CASTILLO ELWIN JHAMPIER	16	BUENO

Siendo las dos horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 12 de octubre de 2020.


Mg. Jenisse Fernández Mantilla
Presidente


Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado
Secretario


Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Integrante



DEDICATORIA

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida se han preocupado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento depositando su confianza en cada reto que se me presenta sin dudar un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

Berrocal Castillo Elwin Jhampier

A Dios por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres MERCEDES y MAXIMO por ser los pilares fundamentales de todos mis logros, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida.

La realización de la presente tesis ha sido posible gracias a ellos.

López Heredia Juan Carlos



AGRADECIMIENTOS

A nuestra casa de estudios, maestros y mentores que en su oportunidad nos orientaron con su sabiduría y enseñanzas teórico-prácticas en el transcurso de nuestra formación académica y de la vida.

LOS AUTORES



INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE ECUACIONES.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES	15
1.1.1. INTERNACIONAL.....	15
1.1.2. NACIONAL	15
1.1.3. LOCAL.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	18
1.5. JUSTIFICACIÓN	18
1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO	18

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA	21
2.1.1. DEFINICIONES.....	21
2.1.2. NORMATIVA ASOCIADA A LOS AEROPUERTOS	22
2.1.3. PARTES DE UN AEROPUERTO.....	22



2.1.4.	CLASIFICACIÓN DE AEROPUERTOS.....	23
2.2.	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	26
2.2.1.	ÍNDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)	27
2.2.2.	ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICO.....	33
2.3.	DISEÑO AEROPORTUARIO.....	41
2.3.1.	DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA PISTA DE ATERRIZAJE	41
2.3.2.	PARAMETROS DE ENTRADA	41
2.3.3.	CALCULO DEL ESPESOR TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	44
2.3.4.	ESPESORES DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	46
2.3.5.	DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS	48
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS		
3.1.	MATERIALES	68
3.1.1.	PARA LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	68
3.1.2.	PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	69
3.2	MÉTODOS.....	71
3.2.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	71
3.2.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	71
3.2.3.	UNIDAD DE ANÁLISIS	71
3.2.4.	UBICACIÓN	71
3.2.5.	PROCEDIMIENTO Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS.....	71
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES		
4.1.	ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	80
4.1.1.	Para el objetivo: Elaborar un Diagnóstico del Estado Actual de la Pista de Aterrizaje y la Zona Terrestre del Aeropuerto de Chimbote.	80



4.1.2. Para el objetivo: Propuesta de la Estructura del Pavimento del Aeropuerto de Chimbote.	84
4.1.3. Para el objetivo: Propuesta de la Estructura de la Zona Terrestre del Aeropuerto de Chimbote.	86
4.1.4. Para el objetivo: Evaluar y recomendar acciones para la conservación de la Infraestructura del Aeropuerto de Chimbote.	¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	96
5.2. RECOMENDACIONES	98

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES	100
---	------------

CAPITULO VII: ANEXOS



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Código de referencia numérico según OACI.....	27
Tabla 2. Código de referencia alfabético según OACI.....	28
Tabla 3. Rangos de clasificación del PCI.....	29
Tabla 4. Calificaciones y pesos de los parámetros de vulnerabilidad.....	35
Tabla 5. Adaptación del índice de vulnerabilidad al RNE.....	36
Tabla 6. Factores de conversión entre trenes de aterrizaje.....	45
Tabla 7. Normas citadas del RNE.....	51
Tabla 8. Lecturas realizadas en el ensayo de CBR.....	76
Tabla 9. Índice de condición de pavimentos (PCI) para la pista de aterrizaje.....	78
Tabla 10. Rango de clasificación obtenido del PCI.....	79
Tabla 11. Índice de vulnerabilidad del terminal de pasajeros del aeropuerto.....	80
Tabla 12. Intervalo para asignar el grado de vulnerabilidad en edificaciones.....	81
Tabla 13. Espesor de la estructura del pavimento crítico.....	82
Tabla 14. Espesor de la estructura de pavimento para la franja nivelada.....	82
Tabla 15. Propiedades de la columna HE 360B.....	84
Tabla 16. Propiedades de la viga IPE 450.....	86
Tabla 17. Propiedades de la viga IPE 270.....	86
Tabla 18. Propiedades del tensor R16.....	88
Tabla 19. Control de derivas inelásticas.....	89



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Piel de cocodrilo severidad alta.....	30
Figura 2. Exudación severidad alta.....	31
Figura 3. Grietas en bloque severidad alta	31
Figura 4. Depresión de pavimento severidad media.....	32
Figura 5. Grieta longitudinal.....	33
Figura 6. Serie de huecos sobre pista de aterrizaje	33
Figura 7. Desprendimiento de agregados	34
Figura 8. Configuraciones en planta	40
Figura 9. Configuraciones en elevación.....	40
Figura 10. Espesor de pavimento según aeronaves de tren doble (D).....	47
Figura 11. Planta y sección de la estructura de pavimento.....	49
Figura 12. Fallas Predominantes.....	78
Figura 13. Diseño de la zona crítica del pavimento flexible para la pista de aterrizaje mediante el método FAA.....	82
Figura 14. Indicador de % de aprovechamiento en columna HE 360B.....	85



INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Índice de vulnerabilidad para edificaciones.....	35
Ecuación 2. Resistencia a cortante del tipo de mampostería.....	38
Ecuación 3. Salidas anuales equivalentes a la aeronave de diseño.....	45
Ecuación 4. Resistencia requerida LRFD	53
Ecuación 5. Resistencia para fluencia bajo tracción en la sección bruta.....	54
Ecuación 6. Resistencia para ruptura en tracción en la sección neta.....	55
Ecuación 7. Rango de coeficiente de esbeltez.....	55
Ecuación 8. Coeficiente de esbeltez.....	55
Ecuación 9. Radio de Giro	55
Ecuación 10. Resistencia de compresión nominal.....	56
Ecuación 11. Tensión crítica I.....	56
Ecuación 12. Tensión crítica II.....	56
Ecuación 13. Tensión crítica para sección en T.....	57
Ecuación 14. Tensión crítica para sección en T en torno al eje Z.....	57
Ecuación 15. Tensión crítica para miembros con simetría doble.....	57
Ecuación 16. Tensión crítica para miembros con simetría simple, eje simetría Y.....	57
Ecuación 17. Tensión crítica para miembros asimétricos.....	57
Ecuación 18. Tensión crítica para miembros asimétricos ejes X,Y,Z.....	58
Ecuación 19. Radio de giro polar en torno al centro de corte.....	58
Ecuación 20. Factor de reducción neto I.....	59
Ecuación 21. Factor de reducción neto II.....	59



Ecuación 22. Factor de reducción neto III.....	59
Ecuación 23. Factor de reducción para elementos esbeltos atiesados.....	59
Ecuación 24. Ancho efectivo reducido.....	60
Ecuación 25. Resistencia de diseño a flexión para sección de alma y ala compactas.....	60
Ecuación 26. Cálculo de M_n por fluencia.....	60
Ecuación 27. Cálculo de M_n por pandeo lateral-torsional I.....	61
Ecuación 28. Cálculo de M_n por pandeo lateral-torsional II.....	61
Ecuación 29. Cálculo de coeficiente F_{cr} I.....	61
Ecuación 30. Longitud límite para pandeo lateral torsional elástico.....	61
Ecuación 31. Longitud límite para pandeo lateral torsional inelástico.....	61
Ecuación 32. Cálculo del radio de giro (r_{ts}).....	62
Ecuación 33. Cálculo del coeficiente C	62
Ecuación 34. Cálculo de M_n por fluencia para miembros de sección H y canales flectados en torno a su eje menor.....	62
Ecuación 35. Cálculo de M_n por pandeo local para secciones con alas no compactas...62	
Ecuación 36. Cálculo de M_n por pandeo local para secciones con alas compuestas....63	
Ecuación 37. Cálculo de coeficiente F_{cr} II.....	63
Ecuación 38. Cálculo de la esbeltez límite del ala.....	63
Ecuación 39. Resistencia de corte de diseño.....	63
Ecuación 40. Resistencia nominal al cortante.....	64
Ecuación 41. Cálculo del coeficiente A_w	64
Ecuación 42. Coeficiente de corte del alma C_v I.....	64



Ecuación 43. Coeficiente de corte del alma C_v II.....64

Ecuación 44. Coeficiente de pandeo por corte del alma K_v65



INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 - Ensayo de Índice de Condición de Pavimento (PCI)

ANEXO 2 - Cálculo de Índice de Vulnerabilidad Estructural

ANEXO 3 - Análisis granulométrico por tamizado

ANEXO 4 – Ensayo de Proctor Modificado

ANEXO 5 – Ensayo de la Relación de Soporte California (CBR)

ANEXO 6 – Análisis estructural por cargas de viento

ANEXO 7 – Análisis estructural por cargas de sismo

ANEXO 8 – Diseño de la estructura del Pavimento

ANEXO 9 – Ficha técnica de los perfiles de acero

ANEXO 10 – Ficha de Resumen

ANEXO 11 – Panel fotográfico

ANEXO 12 – Planos



RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal evaluar la funcionalidad y calidad tanto de la pista de aterrizaje así como del terminal de pasajeros del Aeropuerto “Teniente FAP Jaime Montreuil Morales” ubicado en Chimbote.

El método empleado para el diagnóstico del pavimento aeroportuario fue el índice de condición de pavimentos (PCI) estandarizado por la ASTM y para el terminal de pasajeros se empleó el método del índice de vulnerabilidad estructural propuesto por Benedetti y Petrini. En cuanto al diseño de la infraestructura del aeropuerto se empleó el método propuesto por la Administración Federal de Aviación (FAA) y Diseño por Factores de Carga y Resistencia (LRFD) para el pavimento y el terminal de pasajeros respectivamente.

Todo ello ha permitido obtener el diagnóstico completo del estado actual de la infraestructura del aeropuerto, conocidos sus puntos débiles y en base a estos se diseñaron dichas estructuras para posteriormente realizar alternativas de mejora y de diseño que garanticen un buen funcionamiento del Aeropuerto.

Palabras Clave: Estructura Aeroportuaria, Pavimento, Diagnóstico, Propuesta de Diseño, Chimbote.



ABSTRACT

This research project had as main objective to assess the functionality and quality of the runway and the terminal from the Teniente FAP Jaime Montreuil Morales Airport located in Chimbote.

The methodology used to diagnose the runway was the pavement condition index (PCI) standardized by the ASTM and for the terminal of the airport was used the structural vulnerability index method proposed by Benedetti and Petrini. For design of the airport infrastructure was used the method proposed by the Federal Aviation Administration (FAA) and Load and Resistance Factor Design (LRFD) for the airport pavement and the terminal of the airport respectively.

All that allowed us to get a complete diagnosis of the actual state from the airport infrastructure, knowing the weak spots and based on these was made the design of the structures mentioned before and later perform improvement and design alternatives that assure a good performance of the airport.

Key words: Airport Structure, Pavement, Diagnosis, Design Approach, Chimbote.



GENERALIDADES

CAPÍTULO I



1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. INTERNACIONAL

- Luiz y Sereni (2020). En la investigación titulada: **“Evaluación del Índice de Condición del Pavimento por diferentes métodos en Maringá, Brasil”** (*Traducción propia*). Publicada por Science Direct, determinaron que los objetivos de estudio fueron las evaluaciones del PCI usado en el Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos (UPMS) siglas en inglés, empleando un Sistema de Información Geográfica (GIS) e identificando los tramos más dañados. En la investigación se emplearon métodos visuales de análisis para la identificación de fallas como lo establecido en el método PCI. Donde se obtuvieron resultados que indicaron que el 92.21% del área de estudio se encontraron en un rango de “muy buena” a “regular”, mientras que el 7.94% fue clasificado como “malo” o “muy malo”.

1.1.2. NACIONAL

- Larico Quispe Tupac (2015) en su investigación titulada **“Análisis y Diseño en Acero de una nave Industrial con dos puentes grúas”** publicada por la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, concluyó que, para diseñar una estructura con luces de 16m y una luz de viga carrileras de 11m, con 25m de altura y que además soportarían 2 puentes grúa de 60ton destinada al mantenimiento de camiones en Arequipa ha optado por utilizar pórticos ordinarios resistentes a momentos en una dirección (OMF); y en la otra



dirección arriostramientos concéntricos ordinarios (OCBF); según las recomendaciones del AISC 341.

1.1.3. LOCAL

- Herrera y Panta (2018). En la tesis *“Estudio de la influencia de la napa freática en el diseño del pavimento de la pista de aterrizaje del aeropuerto teniente FAP Jaime Montreuil Morales de la ciudad de Chimbote, usando el software FAARFIELD”* publicada por la Universidad Nacional del Santa, empleando una metodología correlacional aplicada; se concluyó que, el estado físico del Pavimento de la pista de aterrizaje actual, mediante el método PCI, fue de condición promedio de REGULAR con un factor de 52.05.
- Así mismo concluyeron que los espesores obtenidos mediante el software en mención, para la carpeta asfáltica fue 10cm, capa base 13cm y capa subbase 15cm. Resultando un espesor total de 38cm de la estructura de pavimento de la pista de aterrizaje.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En estos últimos años, a nivel nacional se está desarrollando el crecimiento aeroportuario para impulsar actividades económicas como el turismo, la minería y la agroexportación, a través del desarrollo de distintos proyectos de transportes y plataformas logísticas que permiten mejorar la competitividad del país.

El diseño estructural de pavimentos en el Perú se ha venido desarrollando mediante métodos empíricos como el método de la FAA, generalmente optando por conformar una infraestructura vial cómoda, económica y segura, basados en parámetros de suelos, tráfico, temperatura, nivel poblacional y cambios climatológicos.



Muchos de estos diseños de pavimentos han fallado, no solo estructuralmente (hundimientos, hinchamientos o baches) por falta de mantenimiento sino, funcionalmente debido a factores imprevistos como los Desastres Naturales que producen gran impacto en las variaciones climáticas, como las lluvias torrenciales y huaycos en gran parte de la Costa; teniendo en cuenta que los diseños no contemplan sistemas de evacuación para este tipo de desastres, las pistas se exponen a la socavación, erosión y deterioro de los pavimentos.

El principal factor de deterioro de la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Chimbote son las filtraciones que se habrían originado por el riego de agricultores que usan ilegalmente aguas del canal San Antonio, del proyecto especial Chinecas.

Asimismo, actualmente debemos considerar la falta de mantenimiento y/o el deficiente trabajo que se le da, debido a la escasez de maquinaria especializada, personal capacitado, la variación en los parámetros de clima y aumento del tránsito aéreo.

Ante esta problemática, lo que se busca es analizar los diversos factores y realizar propuestas para la mejora de la infraestructura del aeropuerto de Chimbote, de esta forma buscar las alternativas posibles para mejorar su condición actual, seleccionando la propuesta que sea cómoda, económica y segura y que se adapte a la zona del estudio. Para que en el futuro mediante el mantenimiento preventivo se pueda lograr su conservación.

¿Qué propuestas de mejora se puede dar para la conservación de las Estructuras del Aeropuerto de Chimbote, teniendo en cuenta un diagnóstico preliminar?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar propuestas de mejora para la conservación de las Estructuras del Aeropuerto de Chimbote.



1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluación del estado actual de la pista de aterrizaje y del terminal de pasajeros del Aeropuerto de Chimbote.
- Realizar un diseño de la Estructura del Pavimento del Aeropuerto de Chimbote.
- Realizar un diseño del Terminal de Pasajeros del Aeropuerto de Chimbote.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Si realizamos un diagnóstico del estado actual de la pista de aterrizaje y las estructuras de concreto, entonces se podrá proponer alternativas para la conservación de las estructuras del Aeropuerto de Chimbote.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Actualmente con el Crecimiento Poblacional, la economía, los recursos y la necesidad de mejorar la competitividad del país, las vías que fueron diseñadas, ya cumplieron su vida útil, muchas de estas ya muestran daños estructurales y funcionales. Los aeropuertos de la zona norte del país se han convertido en ejes principales para el desarrollo económico como el turismo, la minería y la agroexportación.

Con este proyecto de investigación, lo que se espera realizar es el diagnóstico y elaborar propuesta de mejora de la infraestructura del Aeropuerto de Chimbote por el método de la FAA para la pista de aterrizaje. Comparar y seleccionar la propuesta más óptima en temas de factibilidad y funcionabilidad.

1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

- No existen medios de transporte público para llegar a las instalaciones del Aeropuerto.
- La zona donde se realizó la toma de muestras, al estar a campo abierto, presentaba fuertes vientos eventualmente.



- La disponibilidad para realizar los ensayos en la pista de aterrizaje dependía de las operaciones aéreas por día a cargo del jefe del aeropuerto.
- No existen planos estructurales actualizados de la infraestructura del aeropuerto.



CAPÍTULO II

MARCO

TEÓRICO



2.1. INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA

2.1.1. DEFINICIONES

A. Aeropuerto

Según Jañez (2019) un aeropuerto podría definirse como “un tipo de aeródromo público y permanente de gran superficie, en el que existe un tráfico aéreo de modo regular de pasaje y/o carga, y donde se llevan a cabo operaciones de aparcamiento, reparación, logísticas y de abastecimiento para las aeronaves”.

En el art.39 de la Ley de Navegación Aérea define el aeropuerto como "todo aeródromo en el que existan de modo permanente instalaciones y servicios con carácter público para asistir de modo regular al tráfico aéreo, permitir el aparcamiento y reparaciones del material aéreo y recibir o despachar pasajeros o carga".

B. Aeródromo

Se entiende por aeródromo a la superficie donde se realizan actividades ya sea de aterrizaje y despegue de aeronaves.

Según la Ley de Navegación Aérea Española de 1960 en su art.39 define un aeródromo como "la superficie de límites definidos, con inclusión en su caso de edificios e instalaciones, apta para la salida y llegada de aeronaves". Es decir, un aeródromo es un sistema de infraestructuras preparadas para las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves con la correspondiente asistencia técnica.

A diferencia de los aeropuertos que cuentan con los servicios de control de equipaje, aduanas y migraciones permitiendo un control más ordenado de las operaciones aéreas.



C. Diagnóstico Estructural

Podemos definir diagnóstico estructural como una evaluación cualitativa de las patologías presentadas mediante la observación del estado actual de la infraestructura aeroportuaria.

Muños (2001) afirma: “Los procesos de rehabilitación de una edificación, la evaluación y el diagnóstico constituye el paso quizá más importante puesto que de acuerdo con su definición vendrá la decisión de la intervención” (p.5).

2.1.2. NORMATIVA ASOCIADA A LOS AEROPUERTOS

- Federal Aviation Administration (FAA 95).
- Organización De Aviación Civil Internacional (OACI).
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 93).
- National Plan of Integrated Airport Systems (NPIAS).

2.1.3. PARTES DE UN AEROPUERTO

Para un mejor entendimiento es necesario conocer como están organizadas las partes de un aeropuerto para posteriormente poder diferenciarlas; cabe mencionar que no es imprescindible contar con todos los elementos descritos para que un área sea nombrada como tal. García (2000) refiere que la infraestructura de los aeropuertos se divide en cuatro áreas:

- El área de movimiento, llamada habitualmente "lado aire" destinada a maniobras de las aeronaves y que las conforman las pistas de aterrizaje, calles de rodadura y plataformas de estacionamiento de aviones.
- El área terminal, o "lado tierra", compuesta por edificios para pasajeros y carga, urbanizaciones y accesos, zonas comerciales y hoteleras.
- El área de apoyo y servicios, también denominada zona industrial, con las Áreas modulares, hangares, talleres, etc.



- El sistema de control de vuelo y navegación aérea conformado por la torre de control hasta cualquier tipo de instalación destinada a aquellos fines, dentro o fuera de recintos aeroportuarios.

2.1.4. CLASIFICACIÓN DE AEROPUERTOS

Para una mejor comprensión, la clasificación que podemos adoptar al sistema de aeropuertos en nuestro país es la que nos presentan la FAA y la OACI.

A. CLASIFICACION SEGÚN LA FAA

La Administración Federal de Aviación (FAA), por sus siglas en inglés) normaliza la categorización de aeropuertos según el tipo de actividades, incluyendo servicio comercial, primario, transporte de carga, aliviaderos y de aviación general. Esto lo presenta y normaliza en su Plan Nacional del Sistema Integrado de Aeropuertos (NPIAS) según sus siglas en inglés de la siguiente manera y textualmente afirma:

1. Aeropuertos Comerciales

Son aquellos aeropuertos que cuentan al menos con 2500 embarques de pasajeros cada año, estos cuentan con el servicio de control de horarios y registro respectivo de pasajeros (FAA, 2019).

a. No Primario

Son aeropuertos de servicio comercial que tienen al menos 2500 y no más de 10000 embarques de pasajeros por año (FAA, 2019).

b. Primario

Son aeropuertos de servicio comercial que tienen más de 10000 embarques de pasajeros por año (FAA, 2019).

2. Aeropuertos de Carga



Son aquellos aeropuertos que adicionalmente de cualquier otro servicio de transporte, cuentan con aeronaves que proveen transporte destinados a carga, con un peso total anual de carga transportada de más de 45 millones de Kg (FAA, 2019).

3. Aeropuertos Aliviaderos

Son aeropuertos diseñados por la FAA con el fin de aliviar la congestión en los aeropuertos comerciales, así mismo llegar a comunidades más alejadas (FAA, 2019).

4. Aeropuertos de Aviación General

Son aeropuertos de uso público que no cuentan con un servicio de programación de horarios o tienen menos de 2500 embarques de pasajeros anuales.

Los cuales en coordinación con la comunidad de aviación, la FAA tras 18 meses de estudio fue complementando la información de acuerdo a los registros en esta categoría. Los cuales ordena de la siguiente manera. (FAA, 2019) refiere:

a. Nacional

Respalda el sistema nacional y estatal, proveyendo a la población acceso a comercios nacionales e internacionales. Ubicados en áreas metropolitanas cerca a grandes centros de negocios (FAA, 2019).

b. Regional

Sirven de apoyo para la economía regional conectando a la comunidad en comercios interestatales (FAA, 2019).

c. Local

Brinda a la población acceso al comercio local y regional. Típicamente están ubicados cerca de grandes ciudades. Así mismo cuentan con vuelos de entrenamiento y servicios de emergencia (FAA, 2019).

d. Básico



Une a la población con el sistema aeroportuario nacional y brinda apoyo a las actividades de aviación general. En algunos casos es el único medio de llevar servicios de emergencia como asistencia médica, cuerpo de bomberos o servicios de correo (FAA, 2019).

e. Sin Clasificar

Estos tienden a tener actividad limitada e incluyen aeropuertos de propiedad pública y privada. Estos aeropuertos no cumplen los requerimientos para ser clasificados en ninguno de los tipos anteriormente mencionados (FAA, 2019).

B. CLASIFICACION SEGÚN LA OACI

La Organización de Aviación Civil Internacional emplea códigos estándares de referencia para la categorización de aeródromos empleando las características de las aeronaves y esto simplifica para establecer qué tipo de aeronave puede operar en un determinado aeropuerto. Para clasificar la OACI emplea dos elementos claves:

El primero es un código numérico teniendo como referencia la longitud de la pista de aterrizaje, también podríamos definirlo como la longitud de pista mínima necesaria para el despegue (OACI, 2016).

Tabla 1

Código de Referencia Numérico Según OACI

Código Numérico	Longitud de capo de referencia para la aeronave
1	Menos de 800m
2	Entre 800m y 1200m
3	Entre 1200m y 1800m
4	Más de 1800m

Fuente: (OACI, 2016)



El segundo elemento es un código alfabético derivado del factor más crítico ya sea de la envergadura de la aeronave o de la distancia máxima entre ruedas del tren de aterrizaje de la aeronave (OACI, 2016).

Tabla 2

Código de Referencia Alfabético Según OACI

Código Alfabético	Envergadura de la aeronave	Distancia entre ruedas del tren de aterrizaje
A	Menos de 15m	Menos de 4.5m
B	Entre 15m y 24m	Entre 4.5m y 6m
C	Entre 24m y 36m	Entre 6m y 9m
D	Entre 36m y 52m	Entre 9m y 14m
E	Entre 52m y 65m	Entre 9m y 14m
F	Entre 65m y 80m	Entre 14m y 16m

Fuente: (OACI, 2016)

2.2. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Antes de proceder con diseño, fue necesario realizar un diagnóstico tanto de la pista de aterrizaje y de las estructuras principales del aeropuerto tales como terminal de pasajeros, oficinas administrativas y torre de control.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. La metodología es de fácil implementación y no requiere de herramientas especializadas más allá de las que constituyen el sistema (Vásquez, 2002).



Para diagnosticar la parte estructural de las edificaciones se tendrá como base el Reglamento Nacional de Edificaciones en el apartado de diseño sismo resistente E.030

2.2.1. ÍNDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO (PCI)

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento (Vásquez, 2002).

A. DEFINICIÓN DE PCI

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En la siguiente tabla se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento (Vásquez, 2002).

Tabla 3

Rangos de Clasificación del PCI

Rango	Clasificación	Color Sugerido
100 – 85	Excelente	
85 – 70	Muy Bueno	
70 – 55	Bueno	
55 – 40	Regular	
40 – 25	Malo	
25 – 10	Muy Malo	
10 – 0	Fallado	

Fuente: (ASTM, 2007)

B. TIPOS DE FALLAS PRESENTADAS EN LA PISTA DE ATERRIAJE OBJETO DE ESTUDIO

La ASTM presenta mediante la normativa del PCI un total de 19 diferentes tipos de fallas que pueden presentarse en los pavimentos asfálticos, la mayoría de estas son medidas en una escala de severidad de L – M – H (bajo, medio y alto respectivamente). A continuación se definirán sólo los tipos de fallas que estuvieron presentadas en el objeto de estudio:

1. Piel de cocodrilo

Las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (o base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas (ASTM, 2007).

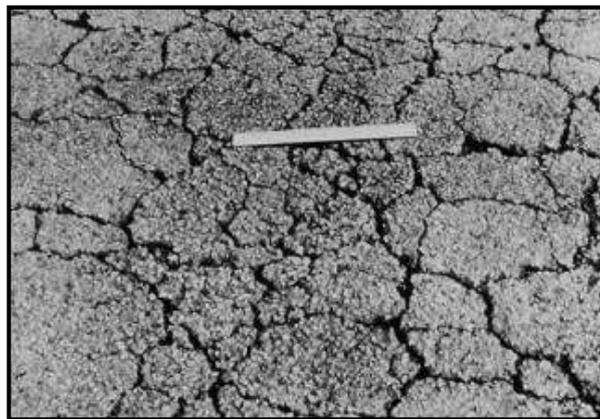


Figura 1. Piel de cocodrilo severidad alta

Fuente: (ASTM, 2007).

2. Exudación

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento (ASTM, 2007).



Figura 2. Exudación severidad alta. *Fuente:* (Corredor, 2010).

3. Agrietamiento en bloque

Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30m x 0.3m a 3.0m x 3.0m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente (ASTM, 2007).



Figura 3. Grietas en bloque severidad alta. *Fuente: (Valdés, Pérez y Calabi, 2012).*

4. Depresiones

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia. En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta (ASTM, 2007).



Figura 4. Depresión de pavimento severidad media
Fuente: (Tacza y Rodríguez, 2018).

5. Grietas Longitudinales y Transversales

Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por el empleo de material pobre para la construcción de la carpeta asfáltica o contracción de la superficie producido por el endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura (Vásquez, 2002).



Figura 5. Grieta longitudinal.

Fuente: Elaboración propia.

6. Huecos

Son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de piel de cocodrilo de severidad alta (ASTM, 2007).



Figura 6. Serie de huecos sobre pista de aterrizaje

Fuente: Elaboración propia.

7. Meteorización o Desprendimiento de Agregados

La meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. La meteorización y el desprendimiento se miden en pies cuadrados o metros cuadrados de área afectada (ASTM, 2007).



Figura 7. Desprendimiento de agregados.

Fuente: Elaboración propia.



2.2.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICO

Para diagnosticar la parte estructural de las edificaciones del Aeropuerto de Chimbote, se empleó el método del Índice de Vulnerabilidad Sísmico propuesto por Benedetti y Petrini, el cual considera once parámetros para evaluar la calidad estructural en edificaciones de mampostería no reforzada y edificaciones de concreto armado.

A. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Los parámetros son calificados en función de la escala numérica desarrollada por los autores del método, en la cual se le asigna una calificación K_i a cada valor de la escala de gradación, desde A hasta D, donde A es óptimo y D es pésimo (ver tabla 4). Una vez obtenidas las calificaciones parciales (A, B, C, D), de cada uno de los parámetros analizados, estas son afectadas por un factor de peso según el grado de importancia de cada parámetro en relación con los demás (Peralta, 2002).

Tabla 4

Calificaciones y Pesos de los Parámetros de Vulnerabilidad

Parámetro	K_i	K_i	K_i	K_i	W_i
	A	B	C	D	Peso
1. Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2. Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3. Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4. Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5. Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6. Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7. Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8. Separación máx. Entre muros	0	5	25	45	0.25
9. Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10. Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11. Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Fuente: (Benedetti y Petrini, 1984) en Criollo y Santisteban, 2018.



A partir de los valores obtenidos, se calcula la vulnerabilidad global de la edificación mediante una sumatoria ponderada, a este valor se lo conoce como Índice de Vulnerabilidad (I_v), según la siguiente expresión:

Ecuación 1. *Índice de vulnerabilidad para edificaciones.*

$$I_v = \left(\sum_{i=1}^{11} K_i \times W_i \right)$$

Índice de vulnerabilidad para edificaciones. Petrini y
Benedetti(1984)

Dónde:

K_i es la calificación asignada

W_i es el coeficiente de peso

I_v índice de vulnerabilidad.

Al analizar la ecuación se pudo deducir que el índice de vulnerabilidad define una escala continua de valores desde 0 hasta 382.5 que es el máximo valor posible. Que son normalizados al dividirlos entre 382.5, obteniendo un rango de variación ($0 < I_v < 100$).

B. ADAPTACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

El método del índice de vulnerabilidad planteado por Benedetti y Petrini plantea once parámetros para evaluar la calidad estructural de las edificaciones.

Con el objetivo de establecer si éstos 11 parámetros eran suficientes para realizar dicha evaluación en las edificaciones, se comparó con lo que propone el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente. Se pudo observar que casi en su totalidad, el método del Índice de Vulnerabilidad satisfacía las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones (Criollo y Santisteban, 2018).

Tabla 5

Adaptación del Índice de Vulnerabilidad al RNE



Parámetro	Análogo RNE
1. Organización del sistema resistente	Estructuración – configuración del edificio – Norma E.070
2. Calidad del sistema resistente	Calidad del material y proceso constructivo – Norma E.060, E.070.
3. Resistencia convencional	Factores sismo resistentes (Z, U, C, S, R) E.030 – Cortante Basal.
4. Posición del edificio y cimentación	Condiciones geotécnicas, perfiles de suelo – Norma E.030.
5. Diafragmas horizontales	Consideraciones para diafragmas rígidos - Norma E.030, E.060, E.070.
6. Configuración en planta	Factores de irregularidad estructural en planta – Norma E.030.
7. Configuración en elevación	Factores de irregularidad estructural en altura – Norma E.030.
8. Separación máx. Entre muros	Densidad de muros en edificaciones – E.070.
9. Tipo de cubierta	Carga viva de techo – Losas aligeradas armadas – Norma E.020.
10. Elementos no estructurales	Elementos no estructurales – Norma E.030.
11. Estado de conservación	Condición actual de la edificación.

Fuente: Elaboración propia en base a (Criollo y Santisteban, 2018).

C. PARÁMETROS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

1. Organización del Sistema Resistente

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) se evalúa el grado de organización de elementos verticales prescindiendo del tipo de material. El elemento significativo es la presencia y la eficiencia de la conexión entre paredes (comportamiento tipo “cajón”). Se reporta una de las clases:

- a. Edificio construido de acuerdo con las recomendaciones de la norma sismorresistente.



- b. Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros.
- c. Edificio que no presenta vigas de amarre en todas las plantas, solo paredes ortogonales bien ligadas.
- d. Edificio con paredes ortogonales no ligadas.

2. Calidad del Sistema Resistente

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) este parámetro determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando cualitativamente, su característica de resistencia con el fin de asegurar la eficiencia de la estructura (comportamiento tipo “cajón”). Se incluyen 2 factores: del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería:

- a. Mampostería en ladrillo, bloques prefabricados de buena calidad. Presencia de ligamento entre las piezas.
- b. Mampostería en ladrillo, bloques o piedra bien cortada, con piezas bien ligadas más no muy homogéneas.
- c. Mampostería en piedra mal cortada y con piezas no homogéneas. Ladrillos de baja calidad y sin ligamento.
- d. Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad.

3. Resistencia Convencional

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) con la hipótesis de un perfecto comportamiento en "cajón" de la estructura, se evalúa la resistencia de la edificación. El procedimiento requiere los siguientes datos:

Ecuación 2. Resistencia a cortante del tipo de mampostería

$$\tau_K = \frac{\sum \tau_i A_i}{\sum A_i}$$



Dónde:

N: número de piso.

At: área total de cubierta en (m²).

Ax, Ay: área total de muros resistentes sentido X e Y (m²).

τ_K : resistencia a cortante del tipo de mampostería (Ton/m²).

4. Posición del Edificio y Cimentación

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) se evalúa la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Las clases consideradas son:

- a. Edificio cimentado sobre terreno estable, $p < 10\%$. La fundación está ubicada a una misma cota.
- b. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro.
- c. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro.
- d. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro.

5. Diafragmas Horizontales

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) la calidad de los diafragmas tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales. Las clases que se presentan son:

- a. Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones: (1) Ausencia de planos a desnivel, (2) la deformabilidad del diafragma es despreciable y (3) la conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- b. Edificio con diafragma como la clase (a), pero que no cumplen con (1).
- c. Edificio con diafragmas como la clase (a), pero que no cumplen con las condiciones (1) y (2).
- d. Edificio cuyo diafragma no cumplen ninguna condiciones.

6. Configuración en Planta

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) el comportamiento sísmico de una estructura depende de la forma en planta del mismo. En el caso de estructuras rectangulares es significativo la relación $\beta_1 = a / L$ entre las dimensiones en planta del lado menor y mayor. También es necesario tener en cuenta las protuberancias del cuerpo principal mediante la relación $\beta_2 = b / L$.

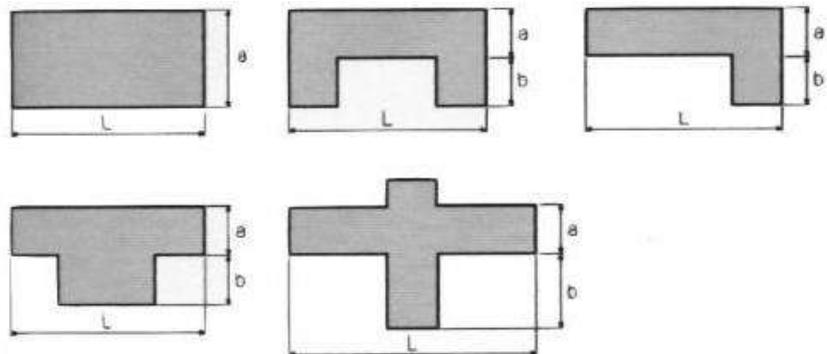


Figura 8. Configuraciones en planta.

Fuente: Benedetti y Petrini, 1984

7. Configuración en Elevación

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) la presencia de “porches” se reporta como la relación porcentual

entre el área en planta del mismo y la superficie total del piso. La presencia de torretas de altura y masa significativa respecto a la parte restante del edificio se reporta mediante la relación T/H , tal como se indica en la siguiente figura:

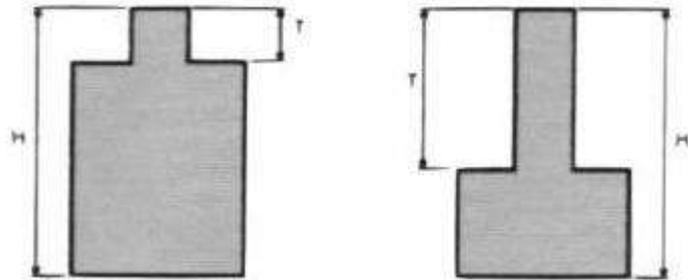


Figura 9. Configuraciones en elevación.

Fuente: Benedetti y Petrini, 1984

8. Separación Máxima Entre Muros

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros intersectados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se reporta el factor L/S , donde L es el espaciamiento de los muros transversales y S el espesor del muro maestro, evaluando siempre el caso más desfavorable.

9. Tipo de Cubierta

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) se tiene en cuenta con este parámetro, la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas.

- Edificio con cubierta estable y provisto de viga cumbreira. Edificio con cubierta plana.
- Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira.
- Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbreira.
- Edificio con cubierta inestable, sin viga cumbreira.



10. Elementos no Estructurales

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) se considera la presencia parapetos o cualquier elemento no estructural que pueda causar daño a personas o cosas. Se reporta una de las clases:

- a. Edificio sin parapetos.
- b. Edificio sin parapetos con elementos de cornisas bien conectadas a la pared.
- c. Edificio con elementos de pequeña dimensión mal vinculados a la pared.
- d. Edificio que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal construidos, que pueden caer en caso de terremoto.

11. Estado de Conservación

Según (Benedetti y Petrini, 1984 en CISMID 2002) se reporta una de las siguientes clases:

- a. Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- b. Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- c. Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 mm de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
- d. Muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 mm de ancho.



2.3. DISEÑO AEROPORTUARIO

2.3.1. DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA PISTA DE ATERRIZAJE

La metodología propuesta por la FAA (Federal Aviation Administration) es el más utilizado para el diseño de pavimentos flexibles en aeropuertos, el cual consta de una serie de ábacos que sirven para determinar los espesores de las áreas críticas, las cuales son el lugar donde se desplaza la aeronave a carga máxima en el interior del aeropuerto. Este método emplea parámetros como las propiedades del suelo de la subrasante, magnitud de cargas, geometría del tren de aterrizaje y volumen de tránsito.

2.3.2. PARAMETROS DE ENTRADA

Para poder llevar a cabo el método del diseño de la pista de aterrizaje, se debe proceder a una recolección y procesamiento de datos como son las propiedades de resistencia (CBR) de la subrasante, las cargas a las cuales el pavimento estará expuesto y el flujo de aeronaves que realizarán operaciones durante el periodo de diseño el cual será de 20 años, estipulado así por el método.

A. Propiedades de Resistencia de la Subrasante

La resistencia del suelo de subrasante será determinada por medio del ensayo CBR (California Bearing Ratio) el cual fue adoptado en 1978 por la FAA para el cálculo de pavimentos flexibles, por lo que este parámetro es uno de los más importantes para el cálculo del espesor de la estructura de pavimento.

B. Cargas

Las cargas consideradas para el diseño son: el peso bruto de colaje o peso máximo de despegue, se ha estimado que en la mayoría de los casos el peso se distribuye en mayor magnitud en los trenes principales de la aeronave, por tal razón para efectos de cálculo, el



95% de la carga se distribuirá en estos trenes, mientras el 5% restante en el tren de nariz (Barragan, 2015).

C. Trafico y Aeronave de Diseño

Para el análisis de tráfico primero se dará unas apreciaciones generales con respecto a los tipos de trenes que conformen a las aeronaves ya que el cálculo de salidas equivalentes para el perfecto entendimiento de este concepto.

El tren es aquella estructura de la aeronave que comprende ruedas, amortiguadores, soporte y todo aquel equipo que permita el apoyo de la aeronave cuando esta se encuentra en contacto con tierra. Cada aeronave tiene un tipo de tren diferente el cual soporta su peso y hace la transferencia de cargas al pavimento, por lo tanto la respuesta del pavimento (Barragan, 2015).

Los trenes típicos son:

- Aeronaves de tren sencillo (S): Son aquellas con trenes principales conformados por una llanta.
- Aeronaves de tren doble (D): Son aquellas con trenes principales conformados por dos llantas.
- Aeronaves de tren tándem (2D): Son aquellas con trenes principales conformados por cuatro llantas.

Luego de identificar la disposición de los trenes, se designa la aeronave de diseño, la cual es aquella que se tomará como referencia para realizar los cálculos, para este proceso se debe tener una base de datos con relación al número de operaciones anuales por tipo de aeronave.

El método FAA maneja una serie de gráficas o ábacos los cuales proporcionarán los espesores para las capas de la estructura de pavimento, estas gráficas requieren de tres datos esenciales.

- CBR



- Peso bruto de la aeronave de diseño
- Salidas anuales equivalentes con respecto a la aeronave de diseño

Como se mencionó anteriormente se requiere el volumen de tráfico con relación al número de operaciones anuales por tipo de aeronave, para la designación de la aeronave de diseño. Se debe tener en cuenta que la selección de esta no se hará siempre a partir de aquella que más carga proporcionará al pavimento, ya que no en todos los casos sucede que la aeronave más pesada requerirá el pavimento con mayor espesor, así que la selección se puede hacer también a partir de aquella que más operaciones realiza (Barragan, 2015).

Cuando se ha designado la aeronave de diseño se deberá realizar una conversión de todos los trenes correspondientes a las aeronaves que se encuentren presentes en el análisis de volumen de tráfico, con respecto al tren de diseño, para lo cual se presenta una tabla con factores de conversión (Barragan, 2015).

Tabla 6

Factores de conversión entre trenes de aterrizaje

TO CONVERT FROM GEAR TYPE (N)	TO GEAR TYPE (M)	MULTIPLY TRAFFIC CYCLES BY
S	D	0.80
S	2D	0.51
S	3D	0.33
D	S	1.25
D	2D	0.64
D	3D	0.41
2D	S	1.95
2D	D	1.56
2D	3D	0.64



3D	S	3.05
3D	D	2.44
3D	2D	1.56
2D/2D2	D	1.56
2D/2D2	2D	1

AC No: 150/5335-5A (2006) STANDARDIZED METHOD OF REPORTING
AIRPORT PAVEMENT STRENGTH - PCN

Cuando ya se ha realizado la conversión de todos los trenes a la misma configuración del tren de diseño, se debe realizar otra conversión de las salidas anuales de cada aeronave a las salidas equivalentes anuales correspondientes a la aeronave de diseño, esta segunda conversión se realiza con la siguiente formula.

Ecuación 3. Salidas anuales equivalentes a la aeronave de diseño

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{1/2}$$

Dónde:

R_1 = Salidas anuales equivalentes a la aeronave de diseño

R_2 = Salidas anuales de cada aeronave expresadas en la configuración del tren de diseño

W_1 = Carga por unidad de rueda de la aeronave de diseño

W_2 = Carga por unidad de rueda de la aeronave a calcular

Al realizar esta conversión con todas las aeronaves se suman las salidas equivalentes anuales de cada uno, y se obtiene el total de salidas equivalentes anuales, dato que servirá de entrada en la gráfica para la realización de los espesores del pavimento

2.3.3. CALCULO DEL ESPESOR TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Una vez calculado los tres datos de entrada para el cálculo de espesores de del pavimento asfaltico, se deberá proceder a la utilización de uno de

los ábacos propuestos por el método, se debe recordar que existe una variedad de tablas disponibles para el cálculo de espesores, los cuales cambian en función del peso bruto de colaje de la aeronave de diseño. Para el uso de la gráfica se parte del eje horizontal superior que muestra los CBR, se parte a partir del CBR de la subrasante, y se traza una línea vertical recta hasta que esta tope con la curva que representa el peso máximo de despegue de la aeronave de diseño, después desde ese punto se traza una línea horizontal recta que se extienda hasta que tope con la curva que representa las salidas equivalentes anuales, y desde ese punto se traza hacia la parte inferior de la gráfica una línea recta vertical, la cual especificará el espesor total de la estructura de pavimento.

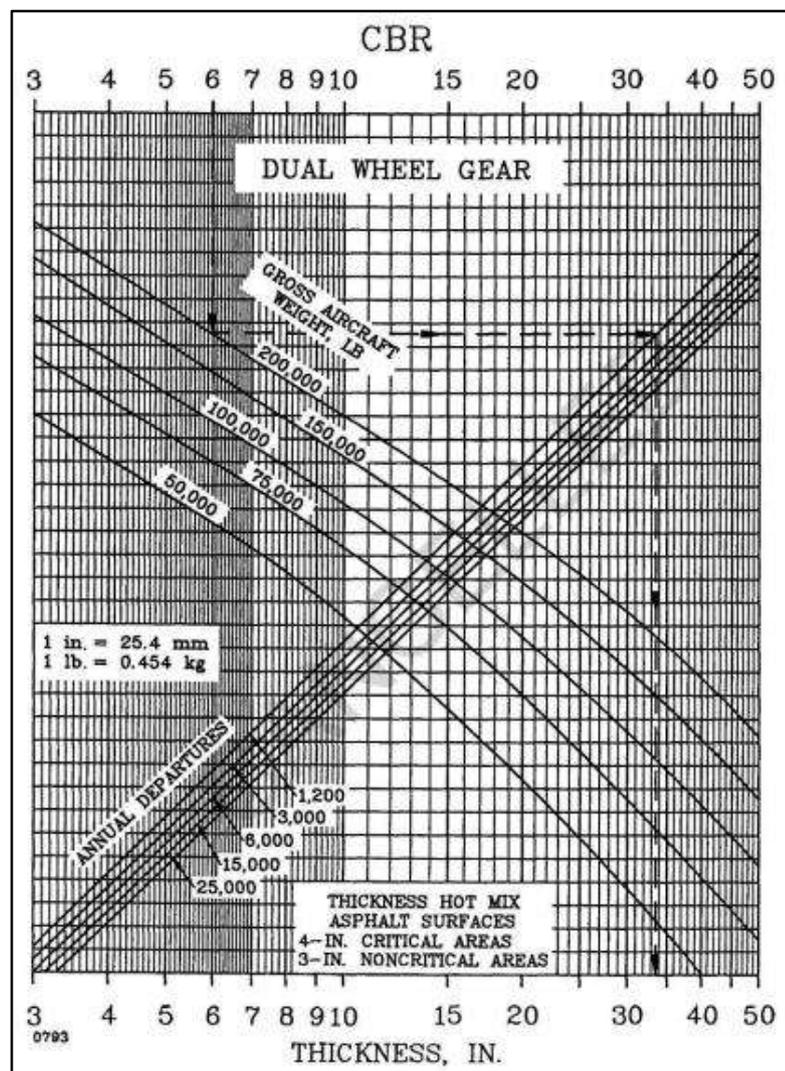


Figura 10. Espesor de pavimento según aeronaves de tren doble (D)
AC No: 150/5320-6E (2009) Airport Pavement Design and Evaluation



2.3.4. ESPESORES DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

A. Zonas Críticas

Para el cálculo del espesor de cada uno de los componentes de la estructura de pavimento asfáltico se procede de la siguiente manera para cada uno de ellos

- **Espesor de las capas base y rodadura:**

Una vez conocido el CBR de la sub-base, en la gráfica se procede de igual manera como se calculó el espesor total descrito en el apartado anterior 2.3.3. Se extiende una línea recta vertical desde el CBR hasta la curva del peso máximo de despegue de la aeronave de diseño y desde allí se traza una línea recta horizontal hasta llegar con la curva que representa las salidas equivalentes anuales, desde ese punto se vuelve a trazar una línea recta vertical hasta abajo donde se muestra el espesor de la capa base y rodadura.

- **Espesor de la capa asfáltica:**

Esta se obtiene a partir del de la nota que cada gráfica trae consigo misma.

- **Espesor de la capa sub base:**

Una vez ya obtenidos el espesor de la capa base y la capa de rodadura, se procede a restar al espesor total del pavimento y el valor obtenido es el espesor de la capa sub base de la estructura del pavimento.

B. Zonas No Críticas

- **Espesor de la capa asfáltica:**

Esta se obtiene a partir del de la nota que cada gráfica trae consigo misma.

- Espesor de la capa base y sub-base:

Para los bordes se debe multiplicar la capa base por un factor de 0.7 y para la sub-base se deberá aumentar su espesor para facilitar su drenaje, tal como se muestra en la figura siguiente.

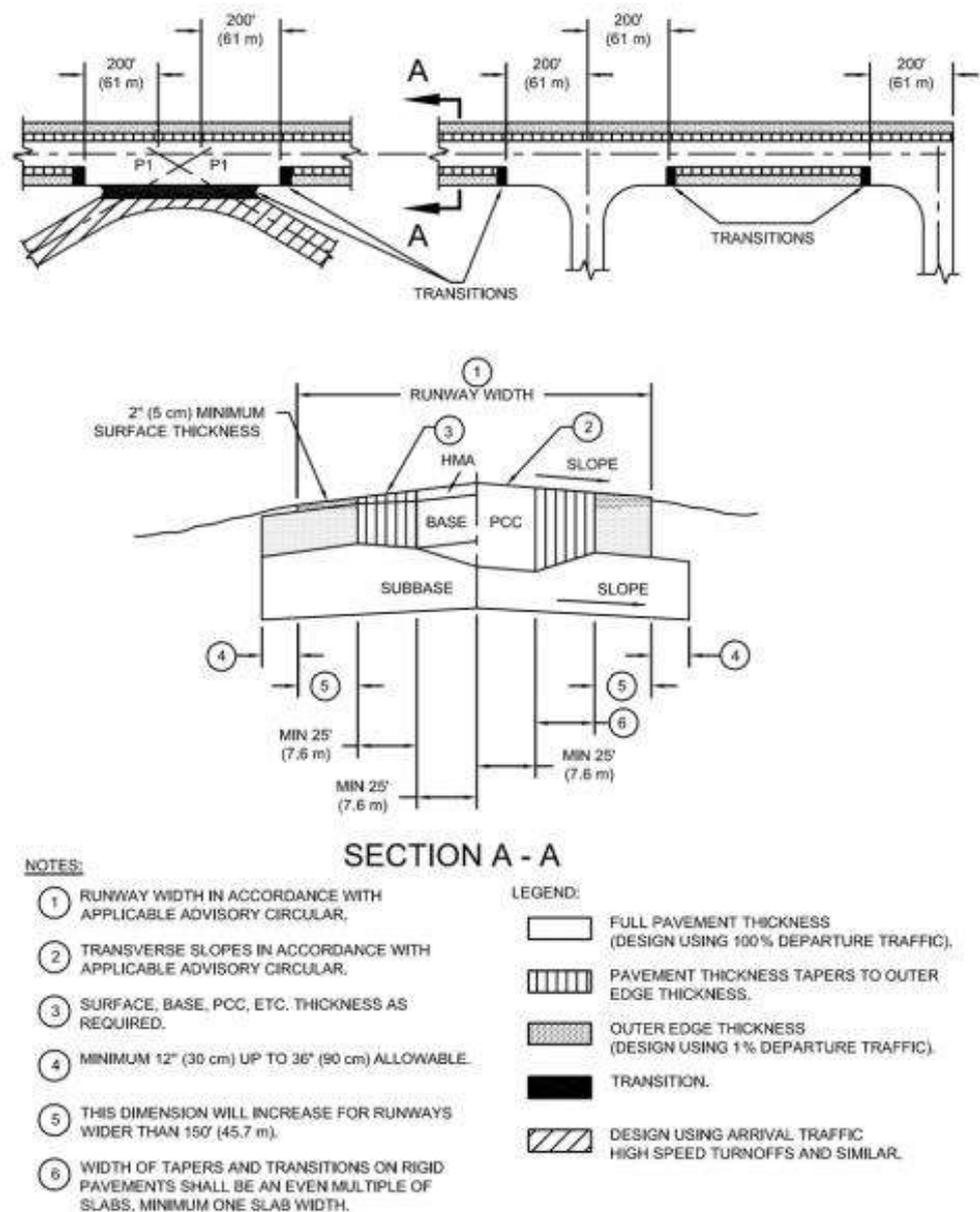


Figura 11. Planta y sección de la estructura de pavimento

AC No: 150/5320-6E (2009) *Airport Pavement Design and Evaluation*



2.3.5. DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS

El diseño de una estructura parte desde un modelo básico arquitectónico conformado por la distribución las áreas y ambientes solicitados, tras su revisión se procederá a realizar el cálculo adecuado de resistencias en cada una de sus elementos conocidos (cimentación, columnas, vigas, losas, etc.), los materiales y las cargas actuantes. Los parámetros son los que determinan la situación, las características de la zona de estudio, el clima, etc.

A. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

La propuesta arquitectónica comprende el desarrollo del diseño de la edificación, la distribución de espacios y la elaboración del conjunto de planos detallados que se soliciten.

Para el cálculo estructural se utilizara la geometría de los ejes que se definen por los diferentes ambientes que conforman las estructuras planteadas.

B. INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

Esta etapa comprende el análisis para determinar el tipo de sistema estructural empleando la propuesta arquitectónica viable, durante este proceso se optará por la que presente mejor comportamiento y distribuya los esfuerzos de los elementos que lo componen.

Según Teherán (2015) esta etapa empieza “Una vez finalizados los diseños preliminares correspondientes a las alternativas consideradas, debe hacerse la selección del sistema estructural, donde la principal consideración se debe centrar en como cada alternativa satisface los objetivos originalmente trazados”.

C. DISEÑO ESTRUCTURAL PRELIMINAR

Luego de determinar el sistema estructural se debe realizar el análisis utilizando las teorías de la mecánica estructural. Estableciendo un modelo matemático que prediga el comportamiento de la estructura.



En la actualidad, para el análisis de estructuras se utilizan programas especialmente desarrollados para la verificación de resultados, programas como SAP2000, ETABS, SAFE, SISMICAD, CYPECAD, ROBOT, y otros más, disponibles en el mercado.

Es recomendable verificar los resultados proporcionados por los programas con hojas de cálculo aplicando las normas correspondientes a cada país según sea el caso.

D. PREDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Luego de determinar los modelos previos basados en ubicación y distribución estos se usarán para determinar las correcciones y ajustes.

Los criterios para pre dimensionar los elementos estructurales, se seleccionaran teniendo buen criterio, valores más críticos o representativos según lo indique las normas.

Los criterios que asumiremos en adelante serán tratando de cumplir los requerimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones basados en:

Tabla 7. Normas citadas del RNE

Norma	Versión
E-020 Cargas	Mayo 2006
E-030 Diseño Sismorresistente	Enero 2016
E-050 Suelos y Cimentaciones	Mayo 2009
E-060 Concreto Armado	Julio 2009

Fuente: RNE

E. CARGAS DE DISEÑO

De acuerdo a los parámetros establecidos en las Normas Peruanas de Estructuras – Norma E-30.

- **Carga Permanente o Muerta (D)**, que incluye el peso propio de la estructura.



- **Carga Viva (L)**, Son de naturaleza dinámica. y pueden o no estar presentes en la estructura durante el uso previsto de la estructura, el RNE en la norma E-020 establece cuadros con cargas repartidas según su uso u ocupación.
- **Carga de Sismo (Q)**, Según la norma E-030 establece fuerzas horizontales que actuaran en la edificación.
- **Carga de Viento (W)**, Según la norma E-030, las estructuras serán diseñadas para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debidas al viento, suponiendo que éste actúa en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí.

F. COMBINACIONES DE CARGA

Para Estructuras de Concreto Armado:

La norma E-060 nos da no solo las combinaciones necesarias sino también los factores de amplificación (resistencia requerida por cargas últimas) estas son:

$$1.40 (D + E) + 1.70 L$$

$$1.25 (D + E) + 1.25 L \pm CS$$

$$0.90 (D + E) \pm CS$$

Para Estructuras de Acero:

La norma E-090 nos menciona las siguientes combinaciones de carga a investigar

$$1.40 D$$

$$1.2D \pm 1.0E + 0.5L + 0.2S$$

$$0.90D \pm (1.3W \text{ ó } 1.0E)$$

G. PARAMETROS DE DISEÑO

Disposiciones Generales

El diseño de miembros y conexiones deberá ser consistente con el comportamiento que se espera que tenga el sistema estructural y las hipótesis hechas en el análisis.



Cargas Y Combinaciones De Cargas

Las cargas, cargas nominales y combinaciones de cargas serán aquellas estipuladas por la normativa de edificación aplicable. En ausencia de una normativa de edificación las cargas, cargas nominales y combinaciones de cargas, serán las estipuladas en el estándar Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI7)

Base De Diseño

El diseño deberá ser tal que ninguno de los requisitos especificados, tanto de resistencia como para estados límites de servicio, podrán ser excedidos por la estructura cuando ésta es evaluada para el total de combinaciones de carga aplicables.

El Diseño por resistencia deberá ser realizado de acuerdo con las disposiciones del método

- Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD) o a las disposiciones del método
- Diseño en Base a Resistencias Admisibles (ASD)

H. DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO Y VERIFICACIÓN

Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD): El diseño de acuerdo con las disposiciones de diseño en base a factores de carga y resistencia (LRFD) satisface los requisitos de esta Especificación cuando la resistencia de diseño de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD. Se aplican todas las disposiciones de esta Especificación excepto las de la Sección B3.2. del AISC. El diseño se realizará de acuerdo con la ecuación:

Ecuación 4. Resistencia requerida LRFD

$$R_u \leq \phi R_n$$

R_u = resistencia requerida por las combinaciones LRFD



R_n = resistencia nominal

ϕ = factor de resistencia

ϕR_n = resistencia de diseño

La resistencia nominal, R_n y el factor de resistencia, ϕ para los estados límites aplicables, son los especificados en los Capítulos D hasta el Capítulo K del AISC.

El programa Cypecad asume las variables P como:

$$P_r \leq P_c \quad \dots \quad R_u \leq \phi R_n$$

Dónde:

$$P_c = \phi R_n$$

$$P_r = R_u$$

$$P_n = R_n$$

La resistencia requerida

La resistencia axial requerida no puede exceder $0,15\phi_c F_y A_g$ para LRFD, donde ϕ_c es determinado de acuerdo con la Sección E1 del AISC.

A_g = área bruta de la sección, cm² (mm²)

F_y = tensión de fluencia mínima especificada, kgf/cm² (MPa).

1. RESISTENCIA EN TRACCIÓN (P_n , R_n)

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

ϕ_t : Factor de resistencia a tracción, tomado como:

$$\phi_t = 0.90 \text{ (LRFD)}$$



a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

Ecuación 5. Resistencia para fluencia bajo tracción en la sección bruta

$$P_n = F_y A$$

Dónde:

A : Área bruta de la sección de la barra.

F_y : Límite elástico mínimo especificado

b) Para ruptura en tracción en la sección neta:

Ecuación 6. Resistencia para ruptura en tracción en la sección neta

$$P_n = F_u A_e$$

Dónde:

A_e : Área neta efectiva.

F_u : Tensión última especificada

2. LIMITE DE ESBELTEZ

- No existe límite de esbeltez para miembros en tracción.
- Para miembros diseñados sólo en compresión, se recomienda que la razón de esbeltez $\frac{KL}{r}$ no sea mayor que 200.

Ecuación 7. Rango de coeficiente de esbeltez

$$\lambda \leq 200$$

Dónde:

λ : Coeficiente de esbeltez.

L = Longitud no arriostrada lateralmente del miembro, cm (mm).

r = Radio de giro, cm (mm).

K = Factor de longitud efectiva.

Ecuación 8. Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

- El factor de longitud efectiva, K , deberá ser tomado con un valor unitario a menos que un valor menor pueda ser justificado mediante un análisis racional.



- El Radio de Giro es una medida de la distribución del área respecto al eje de inercia, se calcula de la siguiente forma:

Ecuación 9. *Radio de Giro*

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

I_x : Momento de inercia respecto al eje X.

A: Área total de la sección transversal de la barra.

- La esbeltez máxima admisible está basada en las Notas de la sección E2, de la norma AISC.

3. RESISTENCIA A COMPRESION

La resistencia de diseño en compresión, $\phi_c P_n$, o la resistencia admisible en compresión, deben ser determinadas de la siguiente manera.

La resistencia de compresión nominal, P_n , es el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites que aplican pandeo por flexión, pandeo torsional, y pandeo flexo torsional.

$$\phi_c = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E de la norma AISC.

$$P_c = \phi_c P_n$$

3.1.- MIEMBROS CON ELEMENTOS ESBELTOS.

Esta sección se aplica a miembros solicitados en compresión con elementos esbeltos, como se define en la Sección B4 para elementos en compresión uniforme.

La resistencia de compresión nominal, P_n , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexión, torsional o flexo-torsional.



Ecuación 10. Resistencia de compresión nominal

$$P_n = F_{cr} A$$

La tensión crítica F_{cr} , se determina como se indica a continuación.

Cuando:

a) $\frac{Q \cdot F_y}{F_e} \leq 2.25$

Ecuación 11. Tensión crítica I

$$F_{cr} = Q \left[0.658 \frac{Q F_y}{F_e} \right] F_y$$

b) $\frac{Q \cdot F_y}{F_e} \geq 2.25$

Ecuación 12. Tensión crítica II

$$F_{cr} = 0,877 F_y$$

Dónde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras.

- La tensión crítica, F_{cr} , se determina como se indica a continuación:

a) Para secciones doble ángulo y T en compresión:

Ecuación 13. Tensión crítica para sección en T

$$F_e = \left(\frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{cry} F_{crz} H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right]$$

Donde F_{cry} se toma como F_{cr} , para pandeo por flexión en torno al eje y

de simetría $\frac{KL}{r_x} + \frac{KL}{r_y}$, y para secciones comprimidas en forma de T y

$\frac{KL}{r} = \left(\frac{KL}{r} \right)_m$, para miembros comprimidos formados de ángulos dobles,

y:

Ecuación 14. Tensión crítica para sección en T en torno al eje Z

$$F_{crz} = \frac{GJ}{A_g r_0^2}$$

b) Para todos los otros casos, F_{cr} debe ser determinado usando la tensión de pandeo elástico torsional o flexo-torsional, determinado de la siguiente manera:

i.- Para miembros con simetría doble.

Ecuación 15. *Tensión crítica para miembros con simetría doble*

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_2 L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

ii.- Para miembros con simetría simple donde Y es el eje de simetría.

Ecuación 16. *Tensión crítica para miembros con simetría simple, eje simetría Y*

$$F_e = \left(\frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \right) \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 F_{ey} F_{ez} H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right]$$

iii.- Para miembros asimétricos F_e es la menor raíz de la ecuación cúbica.

Ecuación 17. *Tensión crítica para miembros asimétricos*

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey}) \left(\frac{x_o}{r_o} \right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex}) \left(\frac{x_o}{r_o} \right)^2 = 0$$

Donde.

A_g : Área bruta de miembro, cm² (mm²)

C_w : Constante de alabeo de la sección cm⁶ (mm⁶)

Ecuación 18. *Tensión crítica para miembros asimétricos ejes X, Y, Z*

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_x L}{r_x} \right)^2} \quad ; \quad F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_y L}{r_y} \right)^2} \quad ; \quad F_{ez} = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_2 L)^2} + GJ \right] \frac{1}{A_g r_o^2}$$

G : Módulo elástico de corte del acero. 790.000 kgf/cm² (77.200 MPa)

H : $1 - \frac{x_o^2 + y_o^2}{r_o^2}$

I_x, I_y = momento de inercia en torno de los ejes principales, cm⁴ (mm⁴)



J = constante torsional, cm⁴ (mm⁴)

K_x = factor de longitud efectiva para pandeo por flexión sobre eje x.

K_y = factor de longitud efectiva para pandeo por flexión sobre eje y.

K_z = factor de longitud efectiva para pandeo torsional

r_o = radio de giro polar en torno al centro de corte, cm (mm)

Ecuación 19. *Radio de giro polar en torno al centro de corte*

$$r_o^2 = x_o^2 + y_o^2 + \frac{I_x + I_y}{A_g}$$

r_x = radio de giro en torno al eje x, cm (mm)

r_y = radio de giro en torno al eje y, cm (mm)

x_o, y_o = coordenadas del centro de corte con respecto al centroide, cm (mm)

- El factor de reducción neto para secciones formadas por elementos rigidizados y no rigidizados:

Q = factor de reducción neto que toma en cuenta todos los elementos esbeltos en Compresión

$Q = 1,0$ para miembros sin elementos esbeltos, para elementos en compresión uniforme.

$Q = Q_s Q_a$ para miembros con secciones de elementos esbeltos, para elementos en compresión uniforme.

1. Para alas, ángulos, y planchas proyectadas de columnas laminadas u otro miembro en compresión:

(i) Cuando

$$\frac{b}{t} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Ecuación 20. *Factor de reducción neto I*

$$Q_s = 1.00$$



(ii) Cuando

$$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} < 1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Ecuación 21. *Factor de reducción neto II*

$$Q_s = 1,415 - 0,74 \left(\frac{b}{t}\right) \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

(iii) Cuando

$$\frac{b}{t} \geq 1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Ecuación 22. *Factor de reducción neto III*

$$Q_s = \frac{0,69 E}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$$

2. El factor de reducción, Q_a , para elementos esbeltos atiesados se define a continuación:

Ecuación 23. *Factor de reducción para elementos esbeltos atiesados*

$$Q_a = \frac{A_{eff}}{A}$$

Dónde:

A = área seccional total del miembro, cm² (mm²).

A_{eff} = suma de las áreas efectivas de las secciones basadas en el ancho efectivo reducido, b_e , cm² (mm²).

El ancho efectivo reducido, b_e , se determina de la siguiente manera:

Para elementos esbeltos en compresión uniforme, con $\frac{h}{t} \leq 1.49 \sqrt{\frac{E}{f}}$,

excepto para alas de tubos cuadrados y rectangulares de espesor uniforme:



Ecuación 24. *Ancho efectivo reducido*

$$b_e = 1.92t \sqrt{\frac{E}{f}} \left[1 - \frac{0,34}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f}} \right] \leq b$$

4.- RESISTENCIA A FLEXIÓN

La resistencia de diseño en flexión, $\phi_b M_n$ o la resistencia admisible en flexión, deben ser determinadas de la siguiente manera:

(1) Para todas las disposiciones del capítulo:

$$\phi_b = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

y la resistencia de flexión nominal, M_n , debe ser determinado de acuerdo con las Secciones F2 hasta F12. Del AISC.

MIEMBROS COMPACTOS DE SECCION H DE SIMETRÍA DOBLE Y CANALES FLECTADAS EN TORNO A SU EJE MAYOR.

Esta sección aplica a miembros de sección H con simetría doble y canales flectados en torno a su eje mayor, teniendo almas compactas y alas compactas.

La resistencia nominal de flexión, M_n , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico) y pandeo lateral-torsional.

Ecuación 25. *Resistencia de diseño a flexión para sección de alma y ala compactas*

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Dónde:

ϕ_b : Factor de resistencia a flexión

M_n : La resistencia nominal a flexión calculada según Art. 2, Sección 1.



NOTA: Todos los perfiles de uso común ASTM A6 W, S, M, C, y MC excepto W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8.5 y MC4x6 tienen alas compactas para $F_y = 3.520 \text{ kgf/cm}^2$ (345 MPa); todos los perfiles de uso común ASTM A6 W, S, M, HP, C, y MC tienen almas compactas para $F_y \leq 4.590 \text{ kgf/cm}^2$ (450 MPa).

a. Fluencia

Ecuación 26. Cálculo de M_n por fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

Dónde:

F_y = tensión de fluencia mínima especificada del tipo de acero utilizado, kgf/cm² (MPa)

Z_x = módulo de sección plástico en torno al eje x, cm³ (mm³)

b. Pandeo Lateral – Torsional

(i) Cuando $L_b \leq L_p$, el estado limite de pandeo lateral-torsional no aplica.

(ii) Cuando $L_p < L_b \leq L_r$

Ecuación 27. Cálculo de M_n por pandeo lateral-torsional I

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

(iii) Cuando $L_p < L_r$

Ecuación 28. Cálculo de M_n por pandeo lateral-torsional II

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p$$

Dónde:

L_p = longitud entre puntos que están o arriostrados contra desplazamientos laterales de compresión de ala o arriostrado contra giro de la sección, cm (mm).

Ecuación 29. Cálculo de coeficiente F_{cr} I

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

Dónde:

E = módulo de elasticidad del acero = $2,04 \times 10^6$ kgf/cm² (200.000 Mpa)

J = constante torsional, cm⁴ (mm⁴)

S_x = módulo de sección elástico en torno al eje x, cm³ (mm³)

Las longitudes límites L_p y L_r se determinan a continuación:

Ecuación 30. Longitud límite para pandeo lateral torsional elástico

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Ecuación 31. Longitud límite para pandeo lateral torsional inelástico

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E} \frac{S_x h_o}{Jc}\right)^2}}$$

Dónde:

Ecuación 32. Cálculo del radio de giro (r_{ts})

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$

y el coeficiente c se determina como sigue a continuación:

- (a) Para secciones I con simetría doble $c = 1$
- (b) Para Canales



Ecuación 33. Cálculo del coeficiente C

$$c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$$

MIEMBROS DE SECCIÓN H Y CANALES FLECTADOS EN TORNO A SU EJE MENOR.

Esta sección aplica para miembros de sección H y canales flectados en torno a su eje menor. La resistencia de flexión nominal, M_n , debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia (momento plástico) y pandeo local del ala.

a. Fluencia

Ecuación 34. Cálculo de M_n por fluencia para miembros de sección H y canales flectados en torno a su eje menor

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1.6 F_y S_y$$

b. Pandeo Local del Ala

(i) Para secciones con alas compactas, no aplica el estado límite de pandeo local.

NOTA: Todos los perfiles actuales ASTM A6 W, S, M, C, y MC excepto W21x48, W14x99, W14x90, W12x65, W10x12, W8x31, W8x10, W6x15, W6x9, W6x8.5 y M4x6 tienen alas compactas para F_y 3.520 kgf/cm² (345 MPa).

(ii) Para secciones con alas no compactas.

Ecuación 35. Cálculo de M_n por pandeo local para secciones con alas no compactas

$$M_n = \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_y) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right]$$

(iii) Para secciones con alas compuestas



Ecuación 36. *Cálculo de Mn por pandeo local para secciones
Con alas compuestas*

$$M_n = F_{cr} S_y$$

donde

Ecuación 37. *Cálculo de coeficiente Fcr II*

$$F_{cr} = \frac{0,69 E}{\left(\frac{b}{t_f}\right)^2}$$

Ecuación 38. *Cálculo de la esbeltez límite del ala*

$$\lambda = \frac{b}{t_f}$$

λ_{pf} = es la esbeltez límite para ala compacta.

λ_{rf} = es la esbeltez límite para ala no compacta.

b = para alas de secciones H, la mitad de la longitud completa del ala, b_f ,
para alas de canales, la dimensión nominal completa del ala, cm. (mm)

t_f = espesor del ala, cm. (mm)

S_y = para un canal debe tomarse como el módulo de sección mínimo.

4.- RESISTENCIA A CORTE

Se presentan dos métodos para calcular la resistencia de corte. El primer método no utiliza la resistencia post pandeo del miembro (campo de tracciones). El segundo utiliza el campo de tracciones.

Para todas las disposiciones en este capítulo:

$$\phi_v = 0,90 \text{ (LRFD)}$$

La resistencia de corte de diseño, $\phi_v V_n$ o la resistencia de corte admisible, V_n / Ω , deben ser determinados de la siguiente manera:

Ecuación 39. *Resistencia de corte de diseño*

$$V_c = \phi_v V_n$$

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante



V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

MIEMBROS CON ALMAS NO ATIESADAS O ATIESADAS

Para secciones con simetría simple y doble cargadas en el eje débil, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-7).

Ecuación 40. *Resistencia nominal al cortante*

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

Dónde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

Ecuación 41. *Cálculo del coeficiente A_w*

$$A_w = 2b_f t_f$$

Dónde:

b_f : Anchura total del ala

t_f : Espesor del ala

(a) Para almas de miembros laminados de Sección H con $\frac{h}{t_w} \leq$

$$2,24 \sqrt{E/F_y} :$$

$\phi_b = 0,90$ (LRFD) y $C_v = 1$

(b) Para almas de todos los otros perfiles de simetría doble o simple y canales, excepto tubos circulares, el coeficiente de corte del alma, C_v , se determina de la siguiente manera.

(i) Cuando $\frac{h}{t_f} \leq 1.10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$

$$C_v = 1$$

(ii) Cuando $1.10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_f} \leq 1.37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$



Ecuación 42. *Coficiente de corte del alma Cv I*

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}}{h/t_w}$$

(iii) Cuando $\frac{h}{t_f} > 1.37 \sqrt{\frac{K_v E}{F_y}}$

Ecuación 43. *Coficiente de corte del alma Cv II*

$$C_v = \frac{1,51 K_v E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 F_y}$$

Donde;

A_w = área del alma, la altura total multiplicada por el espesor del alma, dt_w , cm² (mm²).

h = para secciones laminadas, la distancia libre entre alas menos el filete o radio de esquina, cm (mm); para secciones armadas soldadas, la distancia libre entre alas, cm (mm); para secciones armadas apernadas, la distancia entre líneas de sujetadores, cm (mm); para secciones T, la altura total, cm (mm)

t_w = espesor del alma, cm (mm)

El coeficiente de pandeo por corte del alma, K_v , se determina como se indica a continuación:

a. Para almas sin atiesadores transversales y con $\frac{h}{t_f} \leq 260$:

$$K_v = 5$$

excepto para el alma de perfiles T donde $K_v = 1,2$

b. Para almas atiesadas:



Ecuación 44. Coeficiente de pandeo por corte del alma K_v

$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$$
$$= 5 \text{ cuando } \frac{a}{h} > 3,0 \text{ o } \frac{a}{h} > \left[\frac{260}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \right]^2$$

Donde;

a = distancia libre entre atiesadores transversales, cm (mm)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y

MÉTODOS



3.1. MATERIALES

3.1.1. PARA LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

A. Planificación para realizar en la investigación de campo.

- Determinación del Índice de Condición del pavimento (PCI)
- Determinación de la condición estructural
- Plano General del Aeropuerto

B. Investigaciones de Campo

- **Excavaciones de Calicatas y/o trincheras (NTP 339.162)**
 - Herramientas manuales (pala, pico, cucharón)
 - Bolsas herméticas
 - Balanza
 - Accesorios complementarios (cinta métrica, cámara fotográfica)
- **Ensayo PCI (Índice de Condición del pavimento)**
 - Manual de Daños
 - Formatos de Tablas PCI
 - Flexómetros o reglas para medir.
 - Herramientas manuales para la medición de áreas y longitudes.
- **Ensayo para daños estructurales**
 - Manual de Daños y Formatos de Tablas
 - Flexómetros o reglas para medir.
 - Herramientas manuales para la medición de áreas y longitudes.
- **Calculo de Parámetros FAA**
 - Manuales y Tablas de Información brindadas por la Administración referidos a estudio de tráfico, número de operaciones anuales y tipos de tren de aterrizaje
 - Herramientas manuales para CBR



3.1.2. PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

C. Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado (ASTM D 422)

- Balanza electrónica N°01
Marca: OHAUS
Capacidad: 200.00g
Precisión: 0.01g
- Balanza electrónica N°02
Marca: PATRICK’S
Capacidad: 30.00kg
Precisión: 1.00g
- Horno eléctrico (temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Serie de tamices de malla cuadrada (N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y N°200)
- Recipientes para muestras
- Martillo de caucho, cepillo y brocha.

D. Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo (ASTM D 2216)

- Balanza electrónica N°01
Marca: OHAUS
Capacidad: 200.00g
Precisión: 0.01g
- Horno eléctrico (temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Recipientes para muestras
- Utensilios para manipulación de recipientes (guantes)
- Otros utensilios (espátulas, cuchillos).

E. Compactación del Suelo en Laboratorio Utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado – ASTM D 1557)

- Molde metálico cilíndrico de 4”
- Martillo compactador para suelos Proctor modificado
- Tamiz 4.75mm (N° 4)



- Balanza electrónica N°02
Marca: PATRICK’S
Capacidad: 30.00kg
Precisión: 1.00g
- Horno eléctrico (temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- Probeta graduada
- Utensilios varios (cuchara, espátula, cepillo).

F. CBR de Suelos Laboratorio (ASTM D 1883)

- Máquina de prueba CBR
Marca: HUMBOLDT
Capacidad: 11,200 lbf. (50 KN)
- Moldes metálicos cilíndricos de 6”
- Disco espaciador metálico circular de 150.8mm de diámetro y de 61.37mm de espesor
- Pesas anulares y ranuradas de 149mm de diámetro
- Pistón de penetración metálico
- Tina para la inmersión en agua de los moldes
- Balanza electrónica N°01
Marca: OHAUS
Capacidad: 200.00g
Precisión: 0.01g
- Balanza electrónica N°02
Marca: PATRICK’S
Capacidad: 30.00kg
Precisión: 1.00g
- Tamiz 4.75mm (N° 4)
- Papel filtro de diámetro circular
- Utensilios varios (cuchara, espátula, cepillo).



3.2. MÉTODOS

3.2.1. TIPO DE INVESTIACIÓN

- Según su naturaleza : Cuasi-experimental
- Según su propósito : Aplicativa
- Según su duración : Sincrónica

3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

- Explicativa – descriptiva – correlacional

3.2.3. UNIDAD DE ANÁLISIS

- Zona aérea del aeropuerto de Chimbote.
- Zona terrestre del aeropuerto de Chimbote.

3.2.4. UBICACIÓN

- **Distrito** : Nuevo Chimbote
- **Provincia** : Santa
- **Departamento** : Ancash

3.2.5. PROCEDIMIENTO Y TRATAMIENTO DE LOS DATOS

A. PARA LA INVESTIGACIÓN EN CAMPO

Planificación para realizar las investigaciones de campo

Las áreas que conforman el Aeropuerto de Chimbote “Teniente FAP Jaime Montreuil Morales” son:

- Pista asfaltada de 1800 metros por 30 de ancho
- Plataforma de asfalto de 1280m²
- Terminal de pasajeros 14.30 x 58.70 m.
- Hall Principal de 13.80 x 26m.
- Playa de estacionamiento vehicular 42.30 x 78.30 m²



– Cuatro Counters.

De acuerdo al universo propuesto de la investigación, Las zonas de estudio comprenden la pista asfaltada de aterrizaje, el terminal de pasajero y la torre de control.

Las investigaciones de campo que se realizaron fueron calicatas para la pista y las estructuras, y el método del cono de arena para la densidad in situ.

Utilizando los planos generales del Aeropuerto proporcionados por el Administrador se procedió a distribuir zonas de estudio para la realización de calicatas alrededor de la pista de aterrizaje usando una distribución en forma alternada “en zigzag”.

Para la toma de muestras de las estructuras se dispuso zonas dentro del “área tierra” del aeropuerto, cercanas al terminal de pasajeros y la torre de control según las áreas libres que se determinaron en los planos generales.

En el plano CA-01 presentado en el anexo N°11; se muestra la distribución de ubicación de los puntos para los ensayos de calicatas tomados alrededor de la pista de aterrizaje y las estructuras del aeropuerto.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Excavaciones de Calicatas y/o trincheras (NTP 339.162)

Durante la visita a la zona de la pista de aterrizaje del aeropuerto se realizó una inspección visual para determinar la cantidad de calicatas a realizar, con la información brindada por los administradores del aeropuerto se constató que la pista tiene una longitud aproximada de 1800 m, además se verificó que presenta condiciones topográficas similares y que la naturaleza del terreno no presenta cambios significativos en sus características.

Para el análisis del suelo de la aeropista se consideró 05 calicatas (C-01, C-02, C-03, etc.) usando una distribución en forma alternada considerando diámetros 0.80m a 1.00m aproximadamente,



seleccionando el indicado para poder realizar la toma de muestras en la base de la calicata. Las calicatas se realizaron con una profundidad de 1.00m a 1.20m, durante la excavación se observaron los estratos del suelo, en algunos casos el terreno estaba conformado por un solo estrato, y en otras calicatas presentaban similar composición sin embargo se apreciaba un estrato más fino pero más superficial.

Las muestras seleccionadas para los ensayos posteriores se obtuvieron de la zona más profunda de la calicata así como de los estratos más representativos, se colocarán en bolsas herméticas y se colocaron números de identificación según el número de calicata, el peso de las muestras, la progresiva y la fecha en que se realizaron.

Las muestras para análisis fueron llevadas a laboratorio para su clasificación según (SUCS) - NTP 339.134 (ASTM D2487) de cada estrato de suelo y para realizar los demás ensayos respectivos.

Densidad In-Situ, método de cono de arena

Para la realización de este ensayo se excavaron 05 calicatas a con profundidades variables de 1.00 a 1.20 metros. En cada calicata realizada se nivelaron las superficies de tal modo que no se produzcan derrumbes de las paredes del terreno e interfieran durante la toma de muestra. En la parte inferior de la calicata se niveló con la ayuda de cucharas para proceder a colocar la placa metálica y excavar 10 cm en el orificio para el muestro, se colocaron las muestras en bolsas herméticas cada una rotuladas respectivamente con sus datos obtenidos de pesos, número de calicatas, etc.

A continuación se preparó el embudo con la arena y se colocaron en el orificio de la placa metálica, se abrió la válvula y se esperó hasta que la arena deje de caer, asegurándose que el ensayo había terminado se procedió a cerrar la válvula, tomar y pesar las muestras para el posterior ensayo en laboratorio.



Se calculó el peso del cono, el peso de las muestras, la masa húmeda y la masa seca del hueco de ensayo. Para el cálculo de las densidades húmedas y secas respectivamente.

Ensayo del Índice de Condición de Pavimento (ASTM D 5340)

Para diseñar la pista de aterrizaje del aeropuerto fue necesario realizar el ensayo del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para determinar el estado actual de la pista y si presentaba fallas estructurales y/o fallas funcionales.

El cálculo del índice PCI determina la calidad del pavimento a partir de variables cuantitativas establecidas en la norma ASTM D 5340 (Índice de condición de pavimentos en aeropuertos), estas se realizaron en tablas de Microsoft Excel en las cuales se usaron las terminologías establecidas por la norma..

Se usaron las hojas de datos PCI del ANEXO N°1, llevadas a campo para registrar la información: fecha, ubicación, progresiva, sección, tamaño de la muestra, tipos de falla, grado de severidad, cantidades, y nombre del encargado de la inspección. Para el llenado de las fichas se tomaron las muestras más representativas, haciendo uso del plano general se dividieron en secciones para realizar las inspecciones y su condición.

Las unidades de muestra a ser inspeccionadas fueron marcadas o identificadas de tal forma que nos permitieron controlar la calidad y ubicarlas fácilmente en la superficie del pavimento. Se usaron marcas en el borde del pavimento, reglas para determinar las depresiones, cintas métricas y otras herramientas dependiendo de cada falla.

Todas las muestras inspeccionadas se usaron para determinar el valor promedio del PCI del pavimento, las curvas para determinar los valores deducidos y sus correcciones en pavimentos asfálticos fueron colocadas en el Anexo N°1.



B. PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

1. Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado (ASTM D 422)

Se realizó el presente ensayo siguiendo los lineamientos especificados en la normativa ASTM D 422 aplicado para cada una de las muestras representativas de las calicatas realizadas en la zona de estudio ubicado dentro del aeropuerto de Chimbote.

Las muestras para granulometría fueron transportadas en bolsas con cierre hermético para evitar su contaminación y que esto fuera a alterar el resultado del ensayo. La muestra en su totalidad pasó por el tamiz de 4,760mm (N°4), la cual contuvo en su mayoría partículas de arena y muy pocas partículas de arcillas y/o limos. Los terrones hallados, fueron desintegrados manualmente mediante el uso de guantes de látex y se procedió al cuarteo para obtener una muestra representativa de aproximadamente 500g lista para el tamizado en seco.

Para el tamizado en seco se realizó manualmente y se emplearon los tamices N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y N°200, de los cuales posteriormente fueron registrados los pesos retenidos en cada tamiz con el uso de unas taras y una balanza electrónica con precisión de 0.01g

2. Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo (ASTM D 2216)

El presente ensayo fue realizado para todas y cada una de las muestras obtenidas en las calicatas realizadas en la zona de estudio, el transporte de la muestra se realizó mediante bolsas con cierre hermético para evitar su pérdida de humedad en el transcurso al laboratorio. Posteriormente, ya en el laboratorio de suelos lo primero que se realizó fue registrar las masas de los recipientes (taras enumeradas) a emplear para el presente ensayo, se verificó que estos estén limpios y secos. Luego se tomaron muestras representativas de aproximadamente 200g. Se



procedió a verter los especímenes de ensayo húmedo a las taras y fueron pesados y registrados empleando una balanza con precisión de 0.01g para seguidamente ser colocadas en el horno y se dejó secar por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110°C. Luego se dejó enfriar las muestras por 10 minutos hasta poder ser manipuladas cómodamente, se empleó guantes de látex para evitar la contaminación de las muestras y fueron pesadas para hallar su masa y con esto su respectivo contenido de humedad de cada una de las muestras representativas.

3. Compactación del Suelo en Laboratorio Utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado – ASTM D 1557)

Según lo especificado en la norma ASTM D 1557; este ensayo tiene 3 métodos distintos los cuales dependían del tamaño nominal de las partículas del suelo, en nuestro caso fue el método A debido a que menos del 20% de peso de material fue retenido en el tamiz 4.75mm (N°4).

La muestra requerida para este método fue aproximadamente 16kg y se prepararon muestras de 5%, 7%, 9%, 11% y 13% de contenido de humedad estimando 2 muestras por debajo y 2 por encima del óptimo contenido de humedad de la muestra.

Usamos aproximadamente 2.5kg del suelo pasado por el tamiz N°4 para compactar posteriormente para cada % de contenido de humedad, la cual se mezcló uniformemente la muestra en un contenedor para mantener la distribución del contenido de agua en todas partes.

Después del curado, se determinó y anoto la masa del molde y el plato de base, seguidamente se procedió a ensamblar y a asegurar el molde al plato de base. Posteriormente se compactó cada espécimen en cinco capas de igual espesor con 25 golpes cada una. Después de la compactación de la última capa se enrasó el espécimen compactado por medio de una regla metálica en la parte superior del molde hasta formar una



superficie plana y se limpió los restos de suelo por los costados del plato para posteriormente registrar la masa del espécimen y el molde con aproximación al gramo. Finalmente se retiró una muestra representativa en taras para el cálculo de contenido de humedad para cada espécimen.

4. CBR de Suelos Laboratorio (ASTM D 1883)

Este ensayo se realizó después de haber culminado los ensayos de proctor modificado y haber obtenido el óptimo contenido de humedad y su respectiva densidad seca máxima para cada muestra representativa.

Conociendo la humedad natural de cada espécimen, se le añadió la cantidad de agua que le faltaba para alcanzar su humedad óptima según los resultados obtenidos en el ensayo de proctor modificado. Se prepararon los 03 moldes a emplear, se pesaron los moldes con sus bases, se colocó el collar y el disco espaciador y sobre este un papel filtro del mismo diámetro.

Una vez que se prepararon los moldes se procedió a compactar el espécimen en su interior, aplicando un sistema de compactación de 55, 26 y 12 golpes por capa. Se separó una porción de aproximadamente 200g de muestra para el cálculo de su contenido de humedad. Terminada la compactación, se quitó el collar y se volvió a montar pero de forma invertida, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base para posteriormente ser pesado.

Una vez culminado el proceso de compactación para 55, 26 y 12 golpes, se procedió al proceso de inmersión, colocando sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago y sobre esta los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que se ensaya.



El periodo de inmersión debido a que casi en su totalidad se trataba de arenas el tiempo total de saturación fueron 2 días. Luego de 48 horas se sacaron los moldes del recipiente y se vertió el agua retenida en la parte superior de los moldes, para luego dejar escurriendo por un lapso de 15 minutos en su posición normal. Después del tiempo de reposo se retiró la sobrecarga y la placa perforada, inmediatamente fueron pesados para proceder al ensayo de penetración.

Para el test de penetración se ensayaron las muestras en una equipo electrónico Humboldt la cual contaba con una capacidad de 50 KN. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, fue conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Luego de la colocación de la muestra, se empezó con el ensayo del equipo y se anotaron las lecturas de carga obtenidas para las siguientes penetraciones:

Tabla 8

Lecturas realizadas en el ensayo de CBR

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

Fuente: (MTC, 2016)

Finalmente, se desmontó el molde y de la parte superior cerca en donde se realizó la penetración se tomó una muestra para hallar su contenido de humedad, para cada muestra representativa.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y

DISCUSIONES

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. Para el objetivo: Elaborar un Diagnóstico del Estado Actual de la Pista de Aterrizaje y la Zona Terrestre del Aeropuerto de Chimbote.

a. Diagnóstico de la zona aérea (pista de aterrizaje)

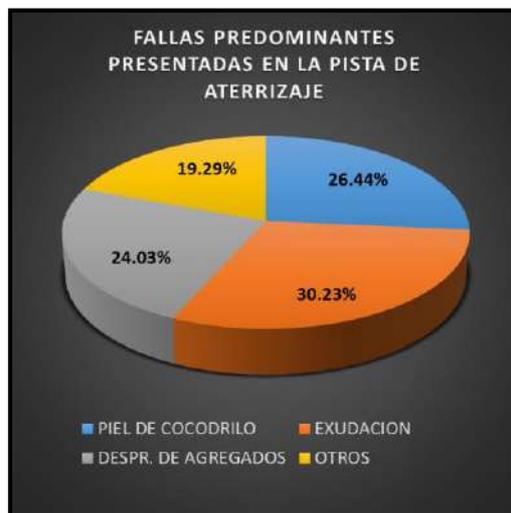
Tabla 9:

Índice de Condición de Pavimentos (PCI) para la pista de Aterrizaje

TRAMO	ABS. INICIAL	ABS. FINAL	ÁREA TRAMO	PCI	CALIFICACIÓN	SIMBOLOGÍA
1	0 + 050	0 + 065	450	61	BUENO	
2	0 + 290	0 + 305	450	46	REGULAR	
3	0 + 370	0 + 385	450	44	REGULAR	
4	0 + 455	0 + 470	450	53	REGULAR.	
5	0 + 580	0 + 595	450	37	MALO	
6	0 + 635	0 + 650	450	20	MUY MALO	
7	0 + 810	0 + 825	450	39	MALO	
8	0 + 930	0 + 945	450	42	REGULAR	
9	1 + 155	1 + 170	450	19	MUY MALO	
10	1 + 205	1 + 220	450	28	MALO	
11	1 + 295	1 + 310	450	18	MUY MALO	
12	1 + 370	1 + 385	450	25	MUY MALO	
13	1 + 430	1 + 445	450	19	MUY MALO	
14	1 + 500	1 + 515	450	39	MALO	
15	1 + 680	1 + 695	450	60	BUENO	
16	1 + 755	1 + 770	450	65	BUENO	
				PCI R:	38	MALO

Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Fallas Predominantes



Fuente: Elaboración propia



Descripción:

Se obtuvo una calificación PCI de “bueno” en el tramo N°1, tramo N°15 y tramo N°16. Los tramos con una calificación PCI de “regular” fueron el tramo N°2, tramo N°3, tramo N°4 y tramo N°8. Los tramos que calificaron un PCI “malo” se encuentra el tramo N°5, tramo N°7, tramo N°10 y el tramo N°14. Los tramos que calificaron un PCI de “muy malo” fueron el tramo N°6, tramo N°9, tramo N°11, tramo N°12 y tramo N°13.

Para la pista de aterrizaje; las fallas predominantes fueron: exudación (30.23%), piel de cocodrilo (26.44%), desprendimiento de agregados (24.03%) y otros (19.29%) del total de fallas encontradas.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en el Anexo N°1

Interpretación:

Los tramos 1, 15 y 16 tienen una calificación de “bueno” debido a que tanto en la parte inicial y final de la pista de aterrizaje, el tránsito de las aeronaves es mínimo; siendo por esta razón que las partes más afectadas de la pista se dan en el tramo central.

Al promediar el Índice de la Condición del Pavimento (PCI) de los 16 tramos inspeccionados correspondientes a un total de 1800m de la pista de aterrizaje; se obtuvo un valor de 38, la cual está en un rango de “malo” según lo establecido en la normativa de PCI según ASTM.

Tabla 10: Rango de clasificación del PCI

Rango	Clasificación	Simbología
85 – 100	Excelente	
70 – 85	Muy Bueno	
55 – 70	Bueno	
40 – 55	Regular	
25 – 40	Malo	
10 – 25	Muy Malo	
0 – 10	Fallado	

Fuente: (ASTM, 2007)



El tramo más crítico (tramo N°11) las fallas predominantes fueron: piel de cocodrilo (4.81%), principalmente ocasionada por la aplicación de repetitivas cargas de tráfico sobre el pavimento. Exudación (5.28%), depresión (4.97%) y huecos (0.19%) para un área del tramo de 450 m².

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en el Anexo N°1

b. Diagnóstico de la zona terrestre (terminal de pasajeros)

Tabla 11:

Índice de vulnerabilidad del Terminal de Pasajeros del Aeropuerto de Chimbote

Parámetros	Clase Ki				Peso Wi	Kwl
	A	B	C	D		
1. Organización del Sistema Resistente		5			1.00	5.00
2. Calidad del Sistema Resistente	0				0.25	0.00
3. Resistencia Convencional	0				1.50	0.00
4. Posición del Edificio y Cimentación	0				0.75	0.00
5. Diafragmas Horizontales		5			1.00	5.00
6. Configuración en Planta				45	0.50	22.50
7. Configuración en Elevación	0				1.00	0.00
8. Distancia Máxima entre Muros				45	0.25	11.25
9. Tipo de Cubierta		15			1.00	15.00
10. Elementos no estructurales				45	0.25	11.25
11. Estado de Conservación				45	1.00	45.00
INDICE DE VULNERABILIDAD						115.00

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

En la tabla presentan los parámetros evaluados de los cuales los 2 parámetros más influyentes son el estado de conservación de la estructura y la configuración en planta.

Los parámetros que no influyeron para el cálculo de la vulnerabilidad fueron los parámetros de calidad del sistema resistente, resistencia convencional, configuración en elevación, posición de edificio y cimentación.

Como resultado de la suma ponderada de los valores numéricos obtenidos los cuales expresan la “calidad sísmica” de los parámetros evaluados se obtuvo un índice de 115.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en el Anexo N°2



Interpretación:

En el parámetro que evalúa el estado de conservación de la estructura se obtuvo una calificación mínima debido principalmente a que la estructura ya cumplió con su vida útil con la cual fue diseñada, cabe resaltar que la estructura hasta la fecha aún cumple con su función.

El parámetro de configuración en planta la cual es la relación del ancho (14.30m) y largo de la edificación (58.70m) se obtuvo un valor de $\beta_1=0.24$ (calificación mínima) debido a que ésta relación está por debajo de los valores estipulados por el método del índice de vulnerabilidad (edificio con $0.4 > \beta_1$).

Luego de evaluar los 11 parámetros de vulnerabilidad sísmica del Terminal de Pasajeros del Aeropuerto de Chimbote se obtiene un índice de 115.00 el cual está ubicado en el rango de vulnerabilidad de **Media – Baja**.

Tabla 12: Intervalo para asignar el grado de vulnerabilidad en edificaciones

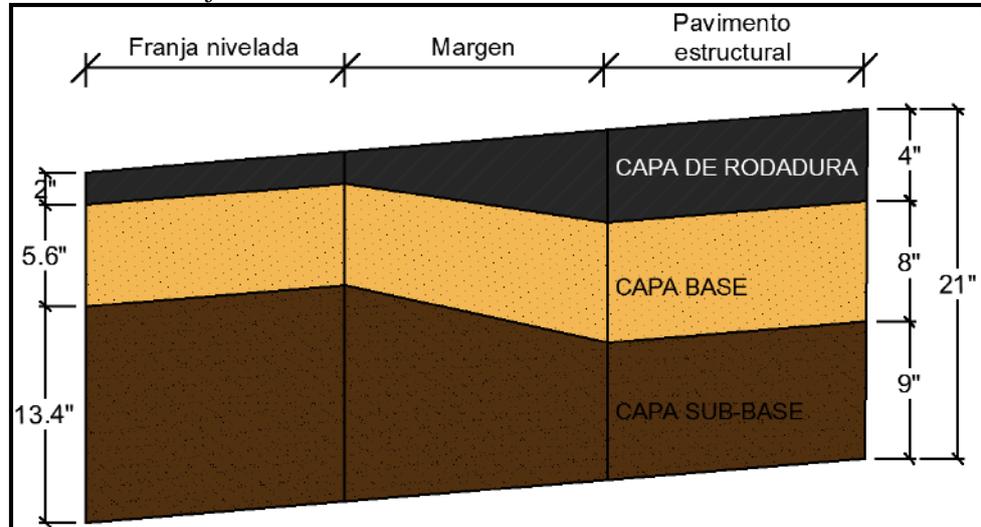
Intervalo	Vulnerabilidad
0 - 95.63	Baja
95.63 - 191.30	Media Baja
191.30 - 286.30	Media Alta
286.30 - 382.50	Alta

Fuente: *Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios (2007)*

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en el Anexo N°2

4.1.2. Para el objetivo: Propuesta de la Estructura del Pavimento del Aeropuerto de Chimbote.

Figura 13: Diseño de la zona crítica del pavimento flexible para la pista de aterrizaje mediante el método FAA.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Espesor de la estructura del pavimento critico

CAPA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CRITICO	ESPESOR	
	plg	cm
Capa de rodadura	4	10.16
Capa base	8	20.32
Capa Sub base	9	22.86
Espesor total del Pavimento	21	53.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Espesor de la estructura de pavimento para la franja nivelada

CAPA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA FRANJA NIVELADA	ESPESOR	
	plg	cm
Capa de rodadura	2	5.08
Capa base	5.6	14.22
Capa Sub base	13.4	34.04
Espesor total del Pavimento	21	53.34

Fuente: Elaboración propia.

Descripción:

En la figura se observa los espesores calculados para cada capa del pavimento flexible de la pista de aterrizaje. Los parámetros considerados



para el diseño fueron el CBR de los materiales, peso de las aeronaves, tipos del tren de aterrizaje y vuelos equivalentes anuales.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en el Anexo N°8

Interpretación:

El espesor total del pavimento fue calculado empleando el CBR de la subrasante y el uso de nomogramas establecidos por la FAA para una aeronave de diseño Airbus-A318 dual wheel.

La carpeta asfáltica se obtuvo a partir del nomograma para un tipo de aeronave con tren de aterrizaje dual wheel, en donde establece un valor mínimo de 4” para zonas críticas y 2” para zonas no críticas.

Para espesor de la sub base, se calculó a partir del nomograma teniendo en consideración el CBR del material de préstamo, el procedimiento es similar al que realiza para el cálculo del espesor total. El valor obtenido se resta al del espesor total y se obtiene el valor del espesor de la sub base.

El espesor de la base es calculado por la diferencia del espesor total con los datos ya obtenidos y se compara con tablas que proporciona la FAA para valores mínimos de la capa base.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en el Anexo N°8

4.1.3. Para el objetivo: Propuesta de la Estructura de la Zona Terrestre del Aeropuerto de Chimbote.

a. Diseño de Columnas

Tabla 15: Propiedades de Columna HE 360B

Perfil: HE 360 B Material: Acero (A36)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N110	N2	3.000	180.60	43190.00	10140.00	292.50
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.	
	β		1.67	0.78	1.00	1.00	
	L _K		4.998	2.335	3.000	3.000	
	C _b		-		2.000		
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación para el momento crítico							

Fuente: Elaboración propia.

Descripción:

En la tabla presentada se observa la sección de las columnas HE 360B y sus propiedades mecánicas. Esta sección cumple con todas las comprobaciones de compresión, flexión y tracción presentadas en la memoria de cálculo en el anexo N 08.

Longitud total	: 360 mm
Longitud del alma	: 300 mm
Espesor del ala	: 22.5 mm
Espesor del alma	: 12.5 mm

Interpretación:

El perfil presentado HEB 360B empleado para las columnas en nuestro modelo estructural, satisface todas las comprobaciones de la norma ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

El total de elementos empleados fueron 22 columnas de 6.00 metros de altura y dispuestos a una distancia de 6.00 metros cada uno.

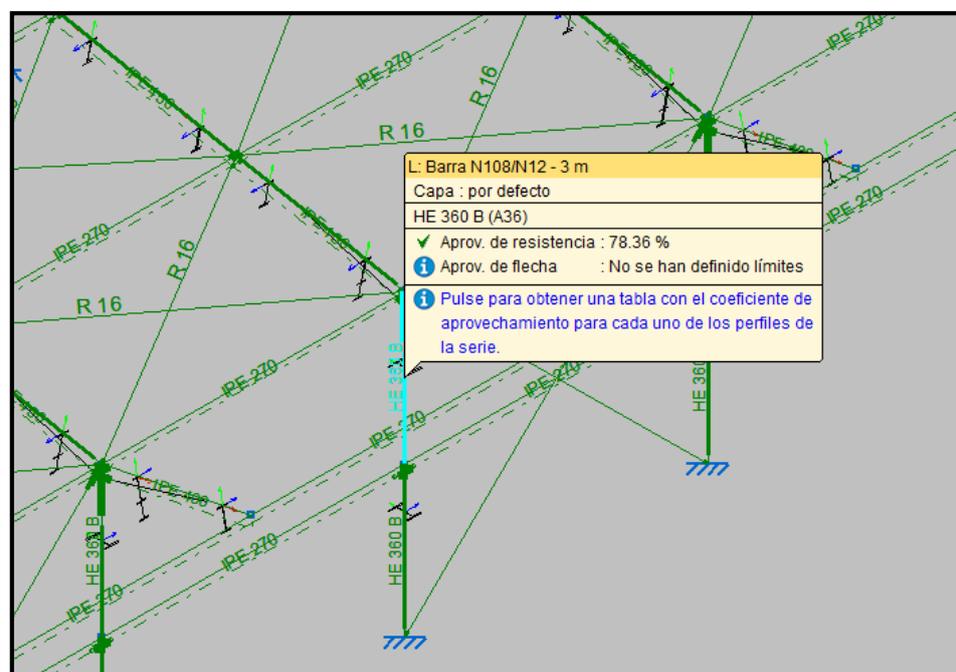
Se optó por la colocación de tensores en paños laterales de forma intercalada para aumentar su rigidez a la estructura.

Para satisfacer la resistencia de diseño a flexión se colocó una viga a media altura, a lo largo de los ejes longitudinales de la estructura.

En cuanto a las columnas, se obtuvo en los elementos más críticos un aprovechamiento de 78.36%; siendo este parámetro un indicador de la resistencia óptima del elemento en base a los esfuerzos solicitados por el sistema estructural.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en los Anexos N°7 y N°9 y N°11

Figura 14. Indicador de % de aprovechamiento en columna HE 360B



Fuente: Elaboración propia.

b. Diseño de Vigas

Tabla 16: Propiedades de Viga IPE 450

Perfil: IPE 450, Simple con cartelas (Cartela inicial y final inferior: 2.00 m) Material: Acero (A36)									
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	x _q ⁽⁴⁾ (mm)	y _q ⁽⁴⁾ (mm)
	N22	N62	3.399	166.10	157699.95	2513.42	98.26	0.00	217.70
Notas: ⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N22) ⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad									
				Pandeo		Pandeo lateral			
				Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.		
				β	3.00	0.47	1.00		
				L _K	10.197	1.600	3.399		
				C _b	-	1.700			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación para el momento crítico									

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17: Propiedades de Viga IPE 270

Perfil: IPE 270 Material: Acero (A36)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N27	N32	6.000	45.90	5790.00	420.00	15.90
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
				Pandeo		Pandeo lateral	
				Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
				β	1.00	0.00	0.00
				L _K	6.000	0.000	0.000
				C _b	-	1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación para el momento crítico							

Fuente: Elaboración propia.

Descripción:

En la tabla presentada se observa la sección de las vigas IPE 450 y IPE 270 así como sus propiedades mecánicas. Esta sección cumple con todas las



comprobaciones de compresión, flexión y tracción presentadas en la memoria de cálculo en el anexo N°8.

Perfil IPE 450

Longitud total	: 450 mm
Longitud del alma	: 190 mm
Espesor del ala	: 14.6 mm
Espesor del alma	: 9.4 mm

Perfil IPE 270

Longitud total	: 270 mm
Longitud del alma	: 135 mm
Espesor del ala	: 10.2 mm
Espesor del alma	: 6.6 mm

Interpretación:

El perfil IPE 450 empleado para las vigas de los pórticos principales en nuestro modelo estructural, satisface todas las comprobaciones de la norma ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se colocaron 2 tipos de perfiles para vigas:

Las vigas ubicadas en los pórticos principales a dos aguas de 20.00m de luz estuvieron formados por perfiles IPE 450. Mediante el análisis realizado se optó por la colocación de cartelas en ambos extremos de las vigas; estos fueron ideales ya que proveen rigidez horizontal, logrando disminuir considerablemente el desplazamiento vertical en el centro del pórtico.

Se optó por la colocación de tensores en los paños de techo en toda su superficie para rigidizar a la estructura y de esta manera garantizar una distribución de carga homogénea en la cobertura.

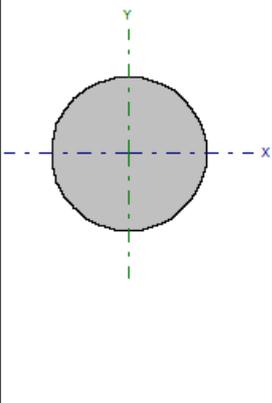
Se colocaron vigas IPE 270 para satisfacer la resistencia de diseño a flexión en las columnas a media altura, a lo largo de los ejes longitudinales de la estructura.

Así mismo se empleó el perfil IPE 270 como vigas secundarias cuya función principal fue arriostrar los pórticos principales y controlar los desplazamientos en el eje horizontal de la estructura.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en los Anexos N°7 y N°9 y N°11

c. Diseño de Tensores

Tabla 18: Propiedades de Tensor R16

Perfil: R 16 Material: Acero (A36)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N37	N60	6.896	2.01	0.32	0.32	0.64	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
		Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	0.00	0.00	0.00		
	L_K	0.000	0.000	0.000	0.000		
	C_b	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_b : Factor de modificación para el momento crítico							

Fuente: Elaboración propia.

Descripción:

En la tabla presentada se observa la sección de los tensores de perfil R16 así como sus propiedades mecánicas. Esta sección cumple con la verificación a tracción presentada en la memoria de cálculo en el anexo N 08.

Perfil R 16

Diámetro : 16 mm

Área Sección : 2.01cm

Interpretación:

Los perfiles R12 y R16 fueron empleados en los paños laterales intercalados y paños de techo en nuestro modelo estructural respectivamente, satisface las comprobaciones por tracción de la norma ANSI/AISC 360-10 (LRFD). Se colocaron tensores en recuadros arriostrados en forma de cruz enmarcados en sus cuatro bordes.

Se optó por la colocación de tensores en los paños de techo en toda su superficie para rigidizar a la estructura y de esta manera garantizar una distribución de carga homogénea en la cobertura.

De igual manera se colocaron tensores en los paños laterales alternados para controlar los desplazamientos laterales.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en los Anexos N°7 y N°9 y N°11

d. Verificación de Derivas en la Estructura

Tabla 19: Control de Derivas Inelásticas

MODO DE VIBRACIÓN	Nivel (m)	Δ_i (mm)	(0.75)R	Δ_i^*R (mm)	$\Delta_i - (\Delta_{i-1})$ (mm)	h (mm)	$[\Delta_i - (\Delta_{i-1})]/h$	VERIFICACION
Modo 1 X	6.00	3.482	6	20.89	10.03	3000	0.0033	< 0.01; OK
	3.00	1.810	6	10.86	10.86	3000	0.0036	< 0.01; OK
Modo 3 Y	6.00	2.219	6	13.31	5.99	3000	0.0020	< 0.01; OK
	3.00	1.220	6	7.32	7.32	3000	0.0024	< 0.01; OK

Fuente: Elaboración propia.

Descripción:

En la tabla N°19 presentada se observa la tabulación de los desplazamientos obtenidos en cada uno de los modos más representativos (con mayor masa desplazada en su eje) de la estructura diseñada. En este caso se tomaron el modo 1 y modo 3 para las sollicitaciones sísmicas en el eje X e Y respectivamente. Cabe mencionar que los desplazamientos obtenidos a través del modelo computacional ya están multiplicados por las sollicitaciones sísmicas reducidas (0.75R).

Interpretación:

En primer lugar se determina los modos de vibración global de la estructura para conocer que modos vamos a analizar el desplazamiento en cada eje. Una vez conocidos los desplazamientos en el análisis lineal elástico, se multiplican por el coeficiente de reducción de fuerza sísmica (0.75R), donde $R=8$ ya que el sistema empleado es SMF (pórticos especiales resistentes a momentos) y de esta manera poder obtener los desplazamientos laterales relativos de entrepiso (Δ_i^*R) tal como se indica en la norma E.030 de diseño



sismorresistente. Posteriormente en la norma sismorresistente se establecen límites para la distorsión (derivadas) de entrepiso, en donde para estructuras de acero, este no debe exceder de 0.010.

En el caso del terminal de pasajeros se obtuvieron derivadas de 0.0033 para el eje X y de 0.0020 para el eje Y, pudiéndose comprobar de esta manera el control de derivadas inelásticas en la estructura.

Los datos y procedimientos de cálculo se ubican en el Anexo N°7



4.1. DISCUSIONES

- Luiz y Sereni (2020). En la investigación titulada: ***“Evaluación del Índice de Condición del Pavimento por diferentes métodos en Maringá, Brasil”*** (Traducción propia). Donde se obtuvieron resultados que indicaron que el 92.21% del área de estudio se encontraron en un rango de “muy buena” a “regular”, mientras que el 7.94% fue clasificado en un rango de “malo” o “muy malo”.

Los datos porcentuales obtenidos para la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Chimbote estuvieron un rango de “malo” y “muy malo” se obtuvo 56.25% y para un rango entre “bueno” y “regular” se obtuvo un 43.75% del total. Demostrando la efectividad del método como herramienta para la evaluación de pavimentos.

Herrera y Panta (2018) en su investigación ***“Estudio de la Influencia de la napa freática en el diseño del pavimento de la pista de aterrizaje del aeropuerto Teniente FAP Jaime Montreuil Morales de la ciudad de Chimbote, usando el software FAARFIELD”***, se determinó que el Estado Físico del Pavimento de la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Chimbote mediante el método PCI, fue de promedio REGULAR con un PCI de 52.05.

Lo que difiere con los resultados obtenidos; donde el promedio del Índice de la Condición del Pavimento (PCI) de los 16 tramos inspeccionados correspondientes a un total de 1800m de la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Chimbote; fue de 38, al cual le correspondió un rango de “malo” según lo establecido en el método de PCI según la normativa de la ASTM.

- Para Herrera y Panta (2018) en su investigación ***“Estudio de la Influencia de la napa freática en el diseño del pavimento de la pista de aterrizaje del aeropuerto Teniente FAP Jaime Montreuil Morales de la ciudad de Chimbote, usando el software FAARFIELD”***, concluyeron que los espesores obtenidos mediante el software en mención, para la carpeta asfáltica fue 10cm, capa base 13cm y capa subbase 15cm.



Lo que difiere con el diseño obtenido para el Aeropuerto de Chimbote desarrollado por el método estipulado por FAA 95, obteniendo 10.16cm, 20.32cm y 22.86cm para la carpeta asfáltica, capa base y capa subbase respectivamente.

- Larico QuispeTupac (2015) en su investigación titulada “*Análisis y Diseño en Acero de una nave Industrial con dos puentes grúas*” concluyo que, para diseñar una estructura con luces de 16m y una luz de viga carrileras de 11m, con 25m de altura y que además soportarían 2 puentes grúa de 60ton destinada al mantenimiento de camiones en Arequipa ha optado por utilizar pórticos ordinarios resistentes a momentos en una dirección (OMF); y en la otra dirección arriostramientos concéntricos ordinarios (OCBF) según las recomendaciones del AISC 341, concluyendo la utilización de perfiles de gran peralte WS47x177 y WS63x183 de 1.6m y 1.2m de peralte respectivamente; los cuales no son perfiles estándares del AISC; sino que son perfiles soldados formados por planchas estructurales.

Lo que se verificó que para luces grandes de 20m como la propuesta de diseño para el terminal de pasajeros del Aeropuerto de Chimbote se optó por el uso del sistema de Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) según lo estipulado en RNE. Así mismo se emplearon perfiles de acero HEB 360B para columnas, IPE 450 e IPE 270 para vigas, perfiles R16 y R12 para arriostres y tensores respectivamente.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



5.1. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado una evaluación de la infraestructura existente, conocer más afondo los tipos de fallas presentados y proponer un rediseño del aeropuerto Teniente FAP Jaime Montreuil Morales de Chimbote; se concluye lo siguiente:

- Al finalizar la presente investigación se concluyó que las propuestas de mejora para la conservación de las estructuras del Aeropuerto de Chimbote se fraccionan en propuestas de planificación, propuestas de mantenimiento, y propuesta de diseño tal como se detalla en los anexos.
- Al promediar el Índice de la Condición del Pavimento (PCI) de los 16 tramos inspeccionados correspondientes a un total de 1800m de la pista de aterrizaje; se obtuvo un valor de 38, la cual está en un rango de “*malo*” según lo establecido en la normativa de PCI según la ASTM.

En el tramo crítico (tramo N°11) las fallas predominantes fueron: piel de cocodrilo (4.81%), principalmente ocasionada por la aplicación de repetitivas cargas de tráfico sobre el pavimento y falta de mantenimiento del mismo. Exudación (5.28%), depresión (4.97%) y huecos (0.19%) para un área del tramo de 450 m².

Luego de evaluar los 11 parámetros de vulnerabilidad sísmica del Terminal de Pasajeros del Aeropuerto de Chimbote se obtiene un índice de 115 el cual está ubicado en el rango de vulnerabilidad de “*Media – Baja*”, según lo establecido en el método de vulnerabilidad sísmica en edificaciones.

- Luego del cálculo y evaluación de los parámetros empleados por el método de la FAA para pavimentos aeroportuarios tales como CBR de la sub rasante, peso de las aeronaves, tipos del tren de aterrizaje así como los vuelos equivalentes anuales. Posteriormente se aplicaron los lineamientos estipulados por la FAA para el diseño de la estructura del pavimento y se obtuvieron espesores de 4” de carpeta de rodadura, 8” de capa base y 9” de capa sub base para la zona crítica. Así mismo se obtuvo 2” de carpeta de rodadura, 5.6” de capa base y 13.4” de capa sub base para la zona no crítica también denominada franja nivelada. Dando 21” como espesor total de la estructura de pavimento en ambos casos.



- Tras el diseño y comprobación de la estructura del terminal de pasajeros la cual está compuesta por Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) y posteriormente la aplicación de cargas por sismo (RNE E 0.30), cargas de viento (ANSI-AISC 7-10) y cargas propias de la estructura; se obtuvo un porcentaje de masas desplazadas de X (Modo 1) e Y (Modo 3) de 89.84% y 92.66% respectivamente, factores que controlan las deformaciones por torsión.

Se comprueba además que las derivas calculadas en X: 0.0033 e Y: 0.0020 son menores que 0.010, estando dentro de los desplazamientos laterales permisibles para estructuras de acero por la norma sismo resistente (E 0.30). En la aplicación del software CYPE 3D se obtuvo un coeficiente de aprovechamiento de los elementos estructurales de 70% a 90%; de esta manera se logró verificar que los elementos estructurales empleados en el diseño del terminal de pasajeros fueran conservativos.



5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades regionales y locales emplear un plan anual de mantenimiento preventivo de la infraestructura del aeropuerto de Chimbote que contribuya a la conservación de la misma, aumentando el tiempo de vida útil de la infraestructura aeroportuaria.
- Se recomienda a los proyectistas realizar el rediseño de la infraestructura aeroportuaria cuando se presente un aumento de la capacidad del aeropuerto, modificaciones de la aeronave de diseño o variación del número de operaciones anuales.
- Se recomienda a las autoridades locales realizar un diagnóstico cada año para llevar un control y conocer el estado en que se encuentran las estructuras del Aeropuerto de Chimbote.
- Se recomienda a los futuros investigadores que estructuras metálicas de gran envergadura como las naves industriales son muy propensas a las cargas de viento, si bien es cierto el reglamento nacional de edificaciones hasta la actualidad no tiene un apartado bien definido para este tipo de estructuras especiales, normativas internacionales como lo son la ANSI/AISC 360-10 tal como se realizó en la presente investigación.



CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS Y

VIRTUALES



6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Barrantes Basset Ana C. (2010). “*Anteproyecto Arquitectónico del edificio terminal Aeropuerto Local de Corn Island, Nicaragua*”. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.
- Condori Montero (2013). “*Diseño de una vivienda multifamiliar de dos niveles empleando acero estructural en el Distrito de Cajamarca*”. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú.
- Especificaciones ANSI/AISC 360-10 para construcciones de acero en español (2010). American Institute of Steel Construction, Chile.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. AC 150/5320-6D Airport Pavement Design and Evaluation. 1-30-96.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. AC - ADVISORY CIRCULAR, Airport Pavement Design and Evaluation 7-7-95.
- Herrera y Panta (2018). “*Estudio de la influencia de la napa freática en el diseño del pavimento de la pista de aterrizaje del aeropuerto teniente FAP Jaime Montreuil Morales de la ciudad de Chimbote, usando el software FAARFIELD*” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote- Perú.
- Humpiri Pineda K. (2015). *Análisis Superficial De Pavimentos Flexibles Para El Mantenimiento De Vías En La Región De Puno*. (Tesis de postgrado). Universidad Andina Néstor Cáceres, Puno- Perú.
- Ing. Sánchez Sabogal Fernando (1984). “*Pavimentos, Fundamentos teóricos, guías para el diseño*” Universidad Nacional de Colombia.
- Larico QuispeTupac José L. (2015). “*Análisis y Diseño de Acero de una Nave Industrial con Dos puentes grúa*”. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa - Perú.
- Lozano Paredes D. (2015). “*Diseño Óptimo De La Estructura Del Pavimento Flexible En La H.U.P. Villa Victoria Del Distrito De Nuevo Chimbote, Mediante El Método Del Instituto Del Asfalto Y AASHTO*”. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote – Perú.
- Marín F. y Leiva H. (2013). “*Diseño de una edificación Industrial de acero mediante el método LRFD, comparando los códigos del AISC y el*



-
- AISI*”. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería – Nicaragua.
- *MTC. (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Lima, Perú: MTC.*
 - Nicolas Mendoza Carlos (2007). “Análisis y Diseño Estructural en acero, de una nave Industrial con las especificaciones AISC método LRFD 1993” (Tesis de pregrado). Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, DF México.
 - Reglamento *Nacional* de Edificaciones (2019). RNE. Perú.
 - Serkovich Pascual (2017). “*Estudio del sistema de drenaje de aguas pluviales del aeropuerto Int. Cap. Fap. David Abenzur Renjifo en la ciudad de Pucallpa*”. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Ucayali, Perú.



CAPÍTULO VII

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 1. ENSAYO DE ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)
PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

CUADRO RESUMEN DEL INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

TRAMO	ABS INICIAL	ABS FINAL	ÁREA TRAMO	PCI	CALIFICACIÓN	SIMBOLOGÍA
1	0 + 050	0 + 065	450	61	BUENO	
2	0 + 290	0 + 305	450	46	REGULAR	
3	0 + 370	0 + 385	450	44	REGULAR	
4	0 + 455	0 + 470	450	53	REGULAR.	
5	0 + 580	0 + 595	450	37	MALO	
6	0 + 635	0 + 650	450	20	MUY MALO	
7	0 + 810	0 + 825	450	39	MALO	
8	0 + 930	0 + 945	450	42	REGULAR	
9	1 + 155	1 + 170	450	19	MUY MALO	
10	1 + 205	1 + 220	450	28	MALO	
11	1 + 295	1 + 310	450	18	MUY MALO	
12	1 + 370	1 + 385	450	25	MUY MALO	
13	1 + 430	1 + 445	450	19	MUY MALO	
14	1 + 500	1 + 515	450	39	MALO	
15	1 + 680	1 + 695	450	60	BUENO	
16	1 + 755	1 + 770	450	65	BUENO	
PCI R				38	MALO	

Rango	Clasificación	Simbología
85 – 100	Excelente	
70 – 85	Muy Bueno	
55 – 70	Bueno	
40 – 55	Regular	
25 – 40	Malo	
10 – 25	Muy Malo	
0 – 10	Fallado	

Rangos de clasificación PCI (ASTM 2007)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 050 **Abscisa final:** 0 + 065 450 m²

TIPOS DE FALLAS

1	Piel de cocodrilo	m ²	10	Grietas Longit. y/o trans.	m
2	Exudación	m ²	11	Parche	m ²
3	Agrietamiento en bloque	m ²	12	Agregado Pulido	m ²
4	Desniveles localizados	m ²	13	Baches	Und
5	Corrugación	m ²	14	Cruce de ferrocarril	m ²
6	Depresión	m ²	15	Surco en Huella (Ahuellamiento)	m ²
7	Agrietamiento en borde	m ²	16	Huecos	m ²
8	Agrietamiento de reflexión	m ²	17	Fisuramiento de Resbalamiento	m ²
9	Desnivel carril/espaldón	m ²	18	Hinchamiento	m ²
.			19	Desprendimiento de Agregados	m ²

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m ²	M	5.70	1.50		8.55
Exudación	m ²	B	11.20	4.30		48.16
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	2.51			2.51
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	1.60			1.60
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	2.05			2.05
Depresión	m ²	B	1.20	0.80		0.96
Depresión	m ²	B	2.50	0.95		2.38
Depresión	m ²	M	1.83	1.00		1.83
Desprendimiento de Agregados	m ²	B	7.20	5.60		40.32
Desprendimiento de Agregados	m ²	B	5.00	3.95		19.75
Desprendimiento de Agregados	m ²	M	4.60	4.10		18.86

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo (M)	m ²	M	8.55	1.90	22	73	7
Exudación (B)	m ²	B	48.16	10.70	4		
Grietas Longitudinal y/o Transversal (B)	m	B	6.16	41.07	20		
Depresión (B)	m ²	B	3.34	0.74	5		
Depresión (M)	m ²	M	1.83	0.41	5		
Desprendimiento de Agregados (B)	m ²	B	60.07	13.35	5	m	8.16
Desprendimiento de Agregados (M)	m ²	M	18.86	4.19	12		

CALCULO DEL PCI - TRAMO 1

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
22	20	12	5	5	5	4		73.0	7	35
22	20	12	5	5	5	2		71.0	6	34
22	20	12	5	5	2	2		68.0	5	37
22	20	12	5	2	2	2		65.0	4	38
22	20	12	2	2	2	2		62.0	3	39
22	20	2	2	2	2	2		52.0	2	36
22	2	2	2	2	2	2		34.0	1	35

HDV	39
PCI	61
CLASIFICACIÓN BUENO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**
Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 290 **Abscisa final:** 0 + 305 450 m²

TIPOS DE FALLAS

1	Piel de cocodrilo	m2	10	Grietas Longit. y/o trans.	m
2	Exudación	m2	11	Parche	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2	12	Agregado Pulido	m2
4	Desniveles localizados	m2	13	Baches	Und
5	Corrugación	m2	14	Cruce de ferrocarril	m2
6	Depresión	m2	15	Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7	Agrietamiento en borde	m2	16	Huecos	m2
8	Agrietamiento de reflexión	m2	17	Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9	Desnivel carril/espaldón	m2	18	Hinchamiento	m2
.	.	.	19	Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	LARGO m	ANCHO m	PROF. m	TOTAL
Piel de cocodrilo	m2	M	6.33	2.70		17.09
Depresión	m2	M	2.93	1.60		4.69
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	4.55			4.55
Desprendimiento de Agregados	m2	M	6.55	3.09		20.24

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	TOTAL	Densidad %	VD	VDT	q
Piel de cocodrilo	m2	M	17.09	3.80	37	90	4
Depresión	m2	M	4.69	1.04	9		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	4.55	30.33	30		
Desprendimiento de Agregados	m2	M	20.24	4.50	14		
						m	6.79

CALCULO DEL PCI - TRAMO 2

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
37	30	14	9					90	4	50
37	30	14	2					83	3	54
37	30	2	2					71	2	50
37	2	2	2					43	1	42

HDV	54
PCI	46
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**
Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 370 **Abscisa final:** 0 + 385 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	3.55	1.80		6.39
Piel de cocodrilo	m2	B	6.10	2.10		12.81
Depresión	m2	M	2.80	1.55		4.34
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	6.35			6.35
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	4.10			4.10
Desprendimiento de Agregados	m2	M	4.85	2.25		10.91

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	6.39	1.42	25	101	6
Piel de cocodrilo	m2	B	12.81	2.85	20		
Depresión	m2	M	4.34	0.96	5		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	2.15	14.33	23		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	4.1	27.33	17		
Desprendimiento de Agregados	m2	M	10.91	2.43	11		
						m	7.89

CALCULO DEL PCI - TRAMO 3

VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
25	23	20	17	11	5	101	6	52
25	23	20	17	11	2	98	5	56
25	23	20	17	2	2	89	4	54
25	23	20	2	2	2	74	3	48
25	23	2	2	2	2	56	2	40
25	2	2	2	2	2	35	1	38

HDV	56
PCI	44
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**
Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 455 **Abscisa final:** 0 + 470 **450 m2**

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO m</i>	<i>ANCHO m</i>	<i>PROF. m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	B	4.27	3.25		13.88
Exudación	m2	M	2.83	1.90		5.38
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	5.55			5.55
Desprendimiento de Agregados	m2	M	6.42	3.20		20.54
Desprendimiento de Agregados	m2	A	7.20	2.80		20.16

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	B	13.88	3.08	21	80	5
Exudación	m2	M	5.38	1.19	5		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	2.20	14.67	10		
Desprendimiento de Agregados	m2	M	20.54	4.57	15		
Desprendimiento de Agregados	m2	A	20.16	4.48	29		
						m	7.52

CALCULO DEL PCI - TRAMO 4

VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
29	21	15	10	5		80	5	45
29	21	15	10	2		77	4	47
29	21	15	2	2		69	3	46
29	21	2	2	2		56	2	38
29	2	2	2	2		37	1	37

HDV	47
PCI	53
CLASIFICACIÓN REGULAR.	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: **PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE**

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**
Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 580 **Abscisa final:** 0 + 595 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	LARGO	ANCHO	PROF.	TOTAL
		d	m	m	m	
Piel de cocodrilo	m2	B	5.58	3.22		17.97
Piel de cocodrilo	m2	M	2.80	2.25		6.30
Depresión	m2	B	1.60	1.12		1.79
Depresión	m2	M	5.40	1.85		9.99
Depresión	m2	A	4.85	1.80		8.73
Desprendimiento de Agregados	m2	M	3.35	3.25		10.89
Desprendimiento de Agregados	m2	A	6.32	2.16		13.65

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	TOTAL	Densidad	VD	VDT	q
		d		d %			
Piel de cocodrilo	m2	B	17.97	3.99	25	125	7
Piel de cocodrilo	m2	M	6.30	1.40	24		
Depresión	m2	B	1.79	0.40	5		
Depresión	m2	M	9.99	2.22	13		
Depresión	m2	A	8.73	1.94	20		
Desprendimiento de Agregados	m2	M	10.89	2.42	12		
Desprendimiento de Agregados	m2	A	13.65	3.03	26		
						m	7.80

CALCULO DEL PCI - TRAMO 5

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
26	25	24	20	13	12	5		125	7	63
26	25	24	20	13	12	2		122	6	62
26	25	24	20	13	2	2		112	5	58
26	25	24	20	2	2	2		101	4	60
26	25	24	2	2	2	2		83	3	52
26	25	2	2	2	2	2		61	2	42
26	2	2	2	2	2	2		38	1	38

HDV	63
PCI	37
CLASIFICACIÓN MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 635 **Abscisa final:** 0 + 650 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO m</i>	<i>ANCHO m</i>	<i>PROF. m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	A	5.42	3.50		18.97
Exudación	m2	M	7.28	2.08		15.14
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	1.75			1.75
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	2.97			2.97
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	A	2.85			2.85

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	A	18.97	4.22	51	146	5
Exudación	m2	A	15.14	3.36	12		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	B	1.75	11.67	9		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	2.97	19.80	26		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	A	2.85	19.00	48		
						m	5.50

CALCULO DEL PCI - TRAMO 6

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
51	48	26	12	9				146	5	76
51	48	26	12	2				139	4	80
51	48	26	2	2				129	3	80
51	48	2	2	2				105	2	71
51	2	2	2	2				59	1	59

HDV	80
PCI	20
CLASIFICACIÓN MUY MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**
Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 810 **Abscisa final:** 0 + 825 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Exudación	m2	A	2.50	1.80		4.50
Exudación	m2	A	4.50	1.50		6.75
Exudación	m2	A	3.82	2.53		9.66
Depresión	m2	M	4.00	0.65		2.60
Piel de cocodrilo	m2	M	2.25	1.90		4.28
Piel de cocodrilo	m2	M	3.51	2.70		9.48
Piel de cocodrilo	m2	M	6.12	1.10		6.73
Piel de cocodrilo	m2	M	2.10	0.85		1.79
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	A	2.25			2.25

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	22.27	4.95	38	97	4
Exudación	m2	A	20.91	4.65	14		
Depresión	m2	M	2.60	0.58	5		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	A	2.25	15.00	40		
						m	6.51

CALCULO DEL PCI - TRAMO 7

VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
40	38	14	5			97	4	58
40	38	14	2			94	3	61
40	38	2	2			82	2	57
40	2	2	2			46	1	46

HDV	61
PCI	39
CLASIFICACIÓN	
MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 0 + 930 **Abscisa final:** 0 + 945 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Exudación	m2	A	2.90	2.10		6.09
Exudación	m2	A	7.80	4.32		33.70
Depresión	m2	M	5.51	3.30		18.18
Piel de cocodrilo	m2	A	2.80	2.25		6.30
Piel de cocodrilo	m2	A	3.74	2.68		10.02

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	A	16.32	3.63	48	91	3
Exudación	m2	A	39.79	8.84	25		
Depresión	m2	M	18.18	4.04	18		
						m	5.78

CALCULO DEL PCI - TRAMO 8

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
48	25	18						91	3	58
48	25	2						75	2	53
48	2	2						52	1	52

HDV	58
PCI	42
CLASIFICACIÓN	
REGULAR	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 155 **Abscisa final:** 1 + 170 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	13.40	0.80		10.72
Piel de cocodrilo	m2	M	4.32	0.80		3.46
Piel de cocodrilo	m2	M	3.60	1.10		3.96
Piel de cocodrilo	m2	A	1.60	0.80		1.28
Piel de cocodrilo	m2	A	7.00	2.90		20.30
Piel de cocodrilo	m2	A	5.00	0.95		4.75
Depresión	m2	A	8.50	3.20		27.20
Desprendimiento de Agregados	m2	M	15.00	1.30		19.50

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	18.14	4.03	37	153	4
Piel de cocodrilo	m2	A	26.33	5.85	55		
Depresión	m2	A	27.20	6.04	33		
Desprendimiento de Agregados	m2	M	19.50	4.33	28		
						m	5.13

CALCULO DEL PCI - TRAMO 9

VALORES DEDUCIDOS							CDT	Q	CDV
55	37	33	28				153	4	81
55	37	33	2				127	3	79
55	37	2	2				96	2	66
55	2	2	2				61	1	61

HDV	81
PCI	19
CLASIFICACIÓN	
MUY MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 205 **Abscisa final:** 1 + 220 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	A	15.50	0.80		12.40
Piel de cocodrilo	m2	A	6.35	2.80		17.78
Agrietamiento en bloque	m2	A	4.36	4.10		17.88
Exudación	m2	M	5.40	4.42		23.87
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	3.27	1.14		3.73
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	2.90	1.80		5.22

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	A	30.18	6.71	57	123	4
Exudación	m2	M	23.87	5.30	9		
Agrietamiento en bloque	m2	A	17.88	3.97	19		
Grietas Longitudinal y/o Transversal	m	M	8.95	59.65	38		
						m	4.95

CALCULO DEL PCI - TRAMO 10

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
57	38	19	9					123	4	72
57	38	19	2					116	3	67
57	38	2	2					99	2	68
57	2	2	2					63	1	63

HDV	72
PCI	28
CLASIFICACIÓN	
MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 295 **Abscisa final:** 1 + 310 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	3.30	1.10		3.63
Piel de cocodrilo	m2	M	2.50	7.20		18.00
Exudacion	m2	A	3.30	7.20		23.76
Depresion	m2	A	4.90	1.50		7.35
Depresion	m2	A	3.00	5.00		15.00
Huecos	m2	M	0.95	0.90		0.86

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	21.63	4.81	52	148	4
Exudacion	m2	A	23.76	5.28	16		
Depresion	m2	A	22.35	4.97	30		
Huecos	m2	M	0.86	0.19	50		
						m	5.41

CALCULO DEL PCI - TRAMO 11

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
52	50	30	16					148	4	82
52	50	30	2					134	3	81
52	50	2	2					106	2	72
52	2	2	2					58	1	58

HDV	82
PCI	18
CLASIFICACIÓN	
MUY MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluated por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 370 **Abscisa final:** 1 + 385 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Exudacion	m2	A	6.70	4.90		32.83
Agrietamiento en bloque	m2	A	4.33	7.39		32.00
Depresion	m2	A	2.70	0.80		2.16
Depresion	m2	A	1.90	1.25		2.38
Desprendimiento de agregados	m2	A	2.80	1.85		5.18
Desprendimiento de agregados	m2	A	6.90	6.12		42.23
Piel decocodrilo	m2	M	5.40	3.75		20.25

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel decocodrilo	m2	M	20.25	4.50	39	138	5
Exudacion	m2	A	32.00	7.11	11		
Agrietamiento en bloque	m2	A	32.00	7.11	27		
Depresion	m2	A	4.54	1.01	18		
Desprendimiento de agregados	m2	A	47.41	10.54	43		
						m	6.23

CALCULO DEL PCI - TRAMO 12

VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
43	39	27	18	11		138	5	74
43	39	27	18	2		129	4	75
43	39	27	2	2		113	3	71
43	39	2	2	2		88	2	62
43	2	2	2	2		51	1	51

HDV	75
PCI	25
CLASIFICACIÓN MUY MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 430 **Abscisa final:** 1 + 445 450 m²

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	LARGO m	ANCHO m	PROF. m	TOTAL
Exudación	m2	A	2.90	2.10		6.09
Exudación	m2	A	7.80	4.32		33.70
Depresión	m2	M	5.51	3.30		18.18
Piel de cocodrilo	m2	A	2.80	2.25		6.30
Piel de cocodrilo	m2	A	3.74	2.68		10.02
Piel de cocodrilo	m2	M	2.80	2.25		6.30
Piel de cocodrilo	m2	M	3.74	2.68		10.02
Piel de cocodrilo	m2	M	2.80	2.25		6.30
Piel de cocodrilo	m2	M	3.74	2.68		10.02

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	TOTAL	Densidad %	VD	VDT	q
Piel de cocodrilo	m2	A	16.32	3.63	48	142	4
Piel de cocodrilo	m2	M	32.65	7.25	43		
Depresión	m2	A	18.18	4.04	28		
Exudación	m2	A	39.79	8.84	23		
						m	5.78

CALCULO DEL PCI - TRAMO 13

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
48	43	28	23					142	4	81
48	43	28	2					121	3	80
48	43	2	2					95	2	65
48	2	2	2					54	1	54

HDV	81
PCI	19
CLASIFICACIÓN MUY MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 500 **Abscisa final:** 1 + 515 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	A	3.20	2.10		6.72
Piel de cocodrilo	m2	A	2.20	0.90		1.98
Depresion	m2	A	3.18	1.32		4.20
Depresion	m2	M	0.87	0.75		0.65
Depresion	m2	M	2.90	1.82		5.28
Desprendimiento de agregados	m2	A	4.20	2.87		12.05
Desprendimiento de agregados	m2	A	2.34	2.91		6.81
Desprendimiento de agregados	m2	M	3.60	3.55		12.78

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	A	8.70	1.93	40	108	5
Depresion	m2	A	4.20	0.93	18		
Depresion	m2	M	5.93	1.32	10		
Desprendimiento de agregados	m2	A	18.86	4.19	29		
Desprendimiento de agregados	m2	M	12.78	2.84	11		
						m	6.51

CALCULO DEL PCI - TRAMO 14

VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
40	29	18	11	10		108	5	61
40	29	18	11	2		100	4	60
40	29	18	2	2		91	3	59
40	29	2	2	2		75	2	52
40	2	2	2	2		48	1	48

HDV	61
PCI	39
CLASIFICACIÓN	
MALO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluated por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**

Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 680 **Abscisa final:** 1 + 695 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>LARGO</i> <i>m</i>	<i>ANCHO</i> <i>m</i>	<i>PROF.</i> <i>m</i>	<i>TOTAL</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	4.28	5.47		23.41
Piel de cocodrilo	m2	M	7.32	2.40		17.57
Exudación	m2	M	13.00	0.60		7.80
Exudación	m2	M	1.60	1.52		2.43
Exudación	m2	A	4.50	1.10		4.95
Desprendimiento de agregados	m2	M	4.23	1.60		6.77
Desprendimiento de agregados	m2	A	2.80	1.10		3.08
Desprendimiento de agregados	m2	A	2.64	1.48		3.91

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

<i>Falla</i>	<i>Unidad</i>	<i>Severidad</i>	<i>TOTAL</i>	<i>Densidad</i> <i>d %</i>	<i>VD</i>	<i>VDT</i>	<i>q</i>
Piel de cocodrilo	m2	M	40.98	9.11	32	72	5
Exudación (M)	m2	M	10.23	2.27	6		
Exudación (A)	m2	A	4.95	1.10	7		
Desprendimiento de agregados	m2	M	6.77	1.50	9		
Desprendimiento de agregados	m2	A	6.99	1.55	18		
						m	7.24

CALCULO DEL PCI - TRAMO 15

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
32	18	9	7	6				72	5	39
32	18	9	7	2				68	4	40
32	18	9	2	2				63	3	40
32	18	2	2	2				56	2	38
32	2	2	2	2				40	1	40

HDV	40
PCI	60
CLASIFICACIÓN	
BUENO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Vía: PISTA DE ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Evaluado por: LOPEZ HEREDIA Juan Carlos - BERROCAL CASTILLO Elwin **Área**
Fecha: 19 de Septiembre del 2019 **Abscisa inicial:** 1 + 755 **Abscisa final:** 1 + 770 450 m2

TIPOS DE FALLAS

1 Piel de cocodrilo	m2	10 Grietas Longit. y/o trans.	m
2 Exudación	m2	11 Parche	m2
3 Agrietamiento en bloque	m2	12 Agregado Pulido	m2
4 Desniveles localizados	m2	13 Baches	Und
5 Corrugación	m2	14 Cruce de ferrocarril	m2
6 Depresión	m2	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m2
7 Agrietamiento en borde	m2	16 Huecos	m2
8 Agrietamiento de reflexión	m2	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m2
9 Desnivel carril/espaldón	m2	18 Hinchamiento	m2
.		19 Desprendimiento de Agregados	m2

INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	LARGO m	ANCHO m	PROF. m	TOTAL
Exudacion	m2	A	1.40	2.80		3.92
Exudacion	m2	A	2.00	0.40		0.80
Depresion	m2	M	6.76	1.20		8.11
Desprendimiento de agregados	m2	M	3.80	3.26		12.39
Desprendimiento de agregados	m2	M	3.64	0.75		2.73
Desprendimiento de agregados	m2	A	6.18	3.47		21.44

VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES

Falla	Unidad	Severidad	TOTAL	Densidad %	VD	VDT	q
Exudacion	m2	A	4.72	1.05	7	58	4
Depresion	m2	M	8.11	1.80	10		
Desprendimiento de agregados	m2	M	15.12	3.36	12		
Desprendimiento de agregados	m2	A	21.44	4.77	29		
						m	7.52

CALCULO DEL PCI - TRAMO 16

VALORES DEDUCIDOS								CDT	Q	CDV
29	12	10	7					58	4	34
29	12	10	2					53	3	33
29	12	2	2					45	2	30
29	2	2	2					35	1	35

HDV	35
PCI	65
CLASIFICACIÓN BUENO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE"

ANEXO N° 2. CÁLCULO DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

1. Organización del Sistema Resistente

- A. Edificio construido con las recomendaciones de la norma sismorresistentes
- B. Edificio que presenta, en todas las plantas, conexiones realizadas mediante vigas de amarre en los muros
- C. Edificio que no presenta vigas de amarre en todas las plantas, solo paredes ortogonales bien ligadas
- D. Edificio con paredes ortogonales no ligadas

Evaluación:

Como es sabido, el aeropuerto “Teniente FAP Jaime Montreuil Morales” inició sus operaciones a partir de diciembre de 1957, teniendo más de 60 años con las mismas estructuras de su fundación, A pesar de que no se realizó con las normativas vigentes; las estructuras presentan conexiones de amarre en sus pórticos principales y muros de cerramiento.

CALIFICACIÓN: B

2. Calidad del Sistema Resistente

- A. Mampostería en ladrillo, bloques prefabricados de buena calidad. Presencia de ligamento entre las piezas
- B. Mampostería en ladrillo, bloques o piedra bien cortada, con piezas bien ligadas más no muy homogéneas
- C. Mampostería en piedra mal cortada y con piezas no homogéneas. Ladrillos de baja calidad y sin ligamento
- D. Mampostería en piedra irregular mal trabada o ladrillo de baja calidad

Evaluación:

Luego de las inspecciones insitu, los muros de cerramiento de mampostería presentaron una calidad buena, ya que en su totalidad eran muros verticales regulares en toda su altura, y a pesar del tiempo de vida de la edificación presentaron un buen comportamiento hasta la fecha de inspección.

CALIFICACIÓN: A

3. Resistencia Convencional

La evaluación del presente parámetro está definida por la siguiente expresión:

$$C = \frac{\alpha_0 * \tau K}{q * N} \sqrt{1 + \frac{q * N}{1.5 * \alpha_0 * \tau K * (1 + y)}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$q = \frac{(A + B) * h}{At} * P_m + P_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\alpha_0 = \frac{A}{At} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$y = \frac{B}{A} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\alpha = \frac{C}{C'} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dónde:

N: número de piso.

At: área total de cubierta en (m²).

Ax, Ay: área total de muros resistentes sentido X e Y (m²).

τK: resistencia a cortante del tipo de mampostería (Ton/m²).

h: Altura promedio de entrepisos (m)

Pm: Peso específico de la mampostería (T/m³)

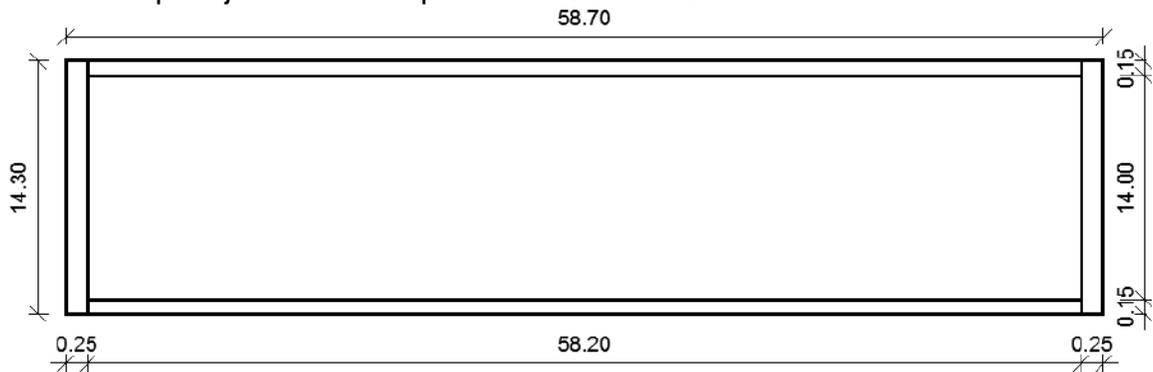
Ps: Peso por unidad de área del diafragma (T/m²)

A: min [Ax; Ay]

B: max [Ax; Ay]

Procesamiento de datos

Figura: Elementos de albañilería del estado actual del terminal de pasajeros del Aeropuerto de Chimbote.



Fuente: Elaboración propia

Datos iniciales para la resistencia convencional:

RESISTENCIA CONVENCIONAL	VALOR
N: Número de pisos	1.00
At: Área total de cubierta	839.41
Ax: Área total resistente muro x	119.54
Ay: Área total resistente muro y	54.23
tk: Resistencia a cortante característica del tipo de mampostería en ton/m ²	18.00
h: Altura de entrepiso (m)	5.50
Pm: Peso específico de la mampostería en ton/m ³ (E.020)	1.80
Ps: Peso por unidad de área del diafragma ton/m ² (E.020)	0.40

Fuente: Elaboración propia

La determinación del espesor de un muro, se considera la siguiente expresión (San Bartolomé, 1994).

$$t = tc * \left(\frac{Ec}{Em}\right)$$

Donde: (6)

Tabla: Datos iniciales del área resistente.

DATOS	VALORES
f'c (kg/cm ²) Resistencia a la compresión	210.00
f'm (kg/cm ²) Resistencia a la compresión axial en pilas	55.00
Ec: módulo de elasticidad del concreto	217370.65
Em: módulo de elasticidad de la albañilería	27500.00
n: relación modular	7.90

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Cálculo del área total resistente en la dirección X e Y. Ecuación (6)

MURO	L	t	Lt	MURO	L	t	Lt
X1	58.20	1.03	59.77	Y1	14.30	1.90	27.11
X2	58.20	1.03	59.77	Y2	14.30	1.90	27.11
		Ax =	119.54			Ay =	54.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Calculo de la resistencia convencional. Ecuaciones (1), (2), (3), (4) y (5)

A	B	a0	γ	q	C	C'	α
54.23	119.54	0.06	2.20	2.45	0.57	0.40	1.42

Fuente: Elaboración propia

La calificación de α , dependerá de:

- A. Estructura con un valor de $\alpha \geq 1$
- B. Estructura para valores comprendidos entre $0.6 \leq \alpha < 1$
- C. Estructura para valores comprendidos entre $0.4 \leq \alpha \leq 0.6$
- D. Estructura con un valor de $\alpha < 0.4$

Evaluación:

Luego de las inspecciones insitu, la toma de datos y el procesamiento de la información obtenida, se tiene un valor de resistencia convencional $\alpha = 1.42$. Por consiguiente le corresponde una calificación de A debido a que está en el rango de $\alpha \geq 1$.

CALIFICACIÓN: A

4. Posición del Edificio y Cimentación

- A. Edificio cimentado sobre terreno estable, $p < 10\%$. La fundación está ubicada a una misma cota.
- B. Edificio cimentado sobre roca con pendiente comprendida entre un 10% y un 30% o sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro.
- C. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre terreno rocoso con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro.
- D. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente mayor al 30% o sobre terreno rocoso con pendiente mayor al 50%. La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro.

Evaluación:

Según el estudio mecánica de suelos realizados en los puntos según se indica en el plano de exploración, el terreno es en su totalidad arena con presencia de muy pocos limos, además de presentar una pendiente del terreno menor a 10%.

CALIFICACIÓN: A

5. Diafragmas Horizontales

- A. Edificio con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones:
 - (1) Ausencia de planos a desnivel
 - (2) La deformabilidad del diafragma es despreciable
 - (3) La conexión entre el diafragma y los muros es eficaz.
- B. Edificio con diafragma como la clase (a), pero que no cumplen con (1).

- C. Edificio con diafragmas como la clase (a), pero que no cumplen con las condiciones (1) y (2).
- D. Edificio cuyo diafragma no cumplen ninguna condiciones.

Evaluación:

Para la evaluación de este apartado se verificaron que los muros de mampostería cuenten con elementos de arriostre y que estos estén en buenas condiciones para que puedan garantizar rigidez en la estructura. Se encontraron desniveles en el interior de la edificación.

CALIFICACIÓN: B

6. Configuración en Planta

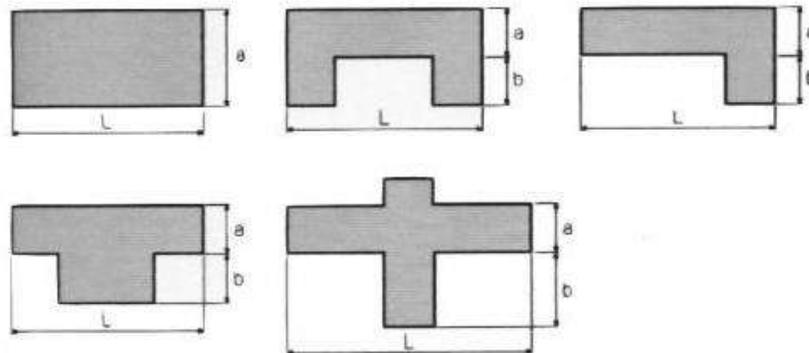


Figura 8. Configuraciones en planta.

Fuente: Benedetti y Petrini, 1984

Tabla: Configuración en planta de la edificación

CONFIGURACIÓN EN PLANTA	VALOR
a: Ancho de la edificación (m)	14.30
L: Largo de la edificación (m)	58.70
β_1 (a/L)	0.24

Fuente: Elaboración propia

- A. Edificio con $\beta_1 \geq 0.8$ ó $\beta_2 \leq 0.1$

- B. Edificio con $0.8 > \beta_1 \geq 0.6$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$
- C. Edificio con $0.6 > \beta_1 \geq 0.4$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$
- D. Edificio con $0.4 > \beta_1$ ó $0.3 < \beta_2$

Evaluación:

El valor obtenido de la configuración en planta, es obtenido de la relación entre el ancho de la edificación (14.30m) y el largo de la edificación (58.70m) es de 0.24, encontrándose en el rango D de evaluación de esta categoría.

CALIFICACIÓN: D

7. Configuración en Elevación

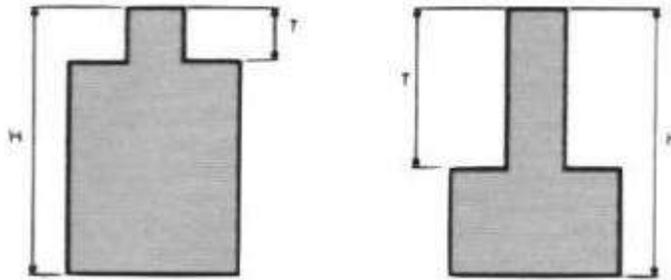


Figura 8. Configuraciones en elevación.

Fuente: Benedetti y Petrini, 1984

- A. Edificio con $-\Delta M/M < 10\%$
- B. Superficie porche $< 10\%$ ó $10\% \leq -\Delta M/M < 20\%$.
- C. Superficie porche = $10\% - 20\%$ ó $-\Delta M/M > 20\%$ ó $T/H < 2/3$.
- D. Superficie porche $> 20\%$ ó $\Delta M/M > 0$ ó $T/H > 2/3$.

Evaluación:

La estructura no presenta formas irregulares en ninguna de sus caras frontal, posterior y lateral por lo que el porcentaje de diferencia de masa en altura es inexistente. De igual manera la estructura cuenta

con solo un nivel por lo que la variación de masa en pisos sucesivos no existe.

CALIFICACIÓN: A

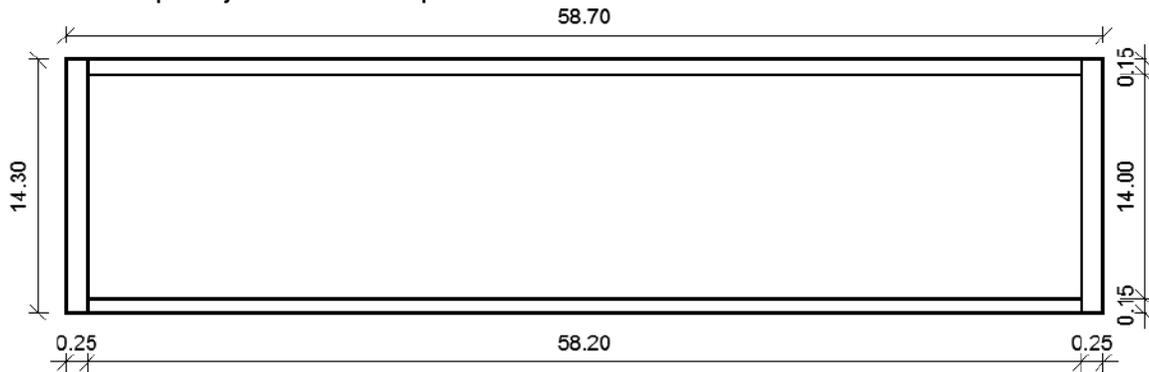
8. Separación Máxima Entre Muros

Para la evaluación de este parámetro se debe considerar lo siguiente:

L: Espaciamiento máximo entre muros transversales

S: Espesor del muro

Figura: Elementos de albañilería del estado actual del terminal de pasajeros del Aeropuerto de Chimbote.



Fuente: Elaboración propia

$$\frac{L}{S} = \frac{14}{0.25} = 56$$

- A) Edificio con $L/S < 15$.
- B) Edificio con $15 \leq L/S < 18$.
- C) Edificio con $18 \leq L/S < 25$.
- D) Edificio con $L/S \geq 25$

Evaluación:

La separación entre muros de la estructura es de 14m del lado transversal, y el espesor de muro de este es de 0.25m. La relación

entre la longitud de la separación y el espesor del muro es de 56, por lo que le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

9. Tipo de Cubierta

- A. Edificio con cubierta estable y provista de viga cumbreira. Edificio con cubierta plana.
- B. Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira.
- C. Edificio con cubierta inestable, provista de viga cumbreira.
- D. Edificio con cubierta inestable, sin viga cumbreira.

Evaluación:

La estructura cuenta con una viga cumbreira que conecta con las vigas principales de la estructura, a su vez cuenta con listones de acero los cuales sirven de soporte a la estructura en la cobertura de la edificación. Sin embargo la cubierta es inclinada a dos aguas, por lo que le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: B

10. Elementos no Estructurales

- A. Edificio sin parapetos.
- B. Edificio sin parapetos con elementos de cornisas bien conectadas a la pared.
- C. Edificio con elementos de pequeña dimensión mal vinculados a la pared.
- D. Edificio que presenta cualquier otro tipo de elemento en el techo mal vinculado a la estructura. Parapetos u otros elementos de peso significativo, mal contruidos, que pueden caer en caso de terremoto.

Evaluación:

El terminal de pasajeros cuenta con una variedad de ambientes destinados para las operaciones del aeropuerto; estos en su totalidad están separados mediante tabiquería de drywall y el área para comidas está ubicado en un segundo nivel mediante mezanina, siendo estas formas de construcción no estructurales.

CALIFICACIÓN: D

11. Estado de Conservación

- A. Muros en buena condición, sin lesiones visibles.
- B. Muros que presentan lesiones capilares no extendidas, con excepción de los casos en los cuales dichas lesiones han sido producidas por terremotos.
- C. Muros con lesiones de tamaño medio entre 2 a 3 mm de ancho o con lesiones capilares producidas por sismos. Edificio que no presenta lesiones pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
- D. Muros que presentan, un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o, lesiones muy graves de más de 3 mm de ancho.

Evaluación:

Tras la inspección ocular en los muros de la edificación se encontraron fisuras producidas por los movimientos sísmicos que resistió la estructura hasta la fecha. Estas fueron mínimas y de dimensiones menores a 1.5mm en su mayoría tenían una longitud menor a 1m. Sin embargo, considerando el tiempo de vida de la edificación la cual es de más de 30 años le corresponde una calificación de:

CALIFICACIÓN: D

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Tabla: Índice de vulnerabilidad del Terminal de Pasajeros del Aeropuerto de Chimbote

Parámetros	Clase Ki				Peso Wi	Kwl
	A	B	C	D		
1. Organización del Sistema Resistente		5			1.00	5.00
2. Calidad del Sistema Resistente	0				0.25	0.00
3. Resistencia Convencional	0				1.50	0.00
4. Posición del Edificio y Cimentación	0				0.75	0.00
5. Diafragmas Horizontales		5			1.00	5.00
6. Configuración en Planta				4 5	0.50	22.50
7. Configuración en Elevación	0				1.00	0.00
8. Distancia Máxima entre Muros				4 5	0.25	11.25
9. Tipo de Cubierta		1 5			1.00	15.00
10. Elementos no estructurales				4 5	0.25	11.25
11. Estado de Conservación				4 5	1.00	45.00
INDICE DE VULNERABILIDAD						115.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla: Intervalo para asignar el grado de vulnerabilidad en edificaciones

Intervalo	Vulnerabilidad
0 - 95.63	Baja
95.63 - 191.30	Media Baja
191.30 - 286.30	Media Alta
286.30 - 382.50	Alta

Fuente: Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios Históricos (2007)

Comentario:

Luego de evaluar los 11 parámetros de vulnerabilidad sísmica del Terminal de Pasajeros del Aeropuerto de Chimbote se obtiene un índice de 115.00 el cual está ubicado en el rango de vulnerabilidad de **Media – Baja**.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 3. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



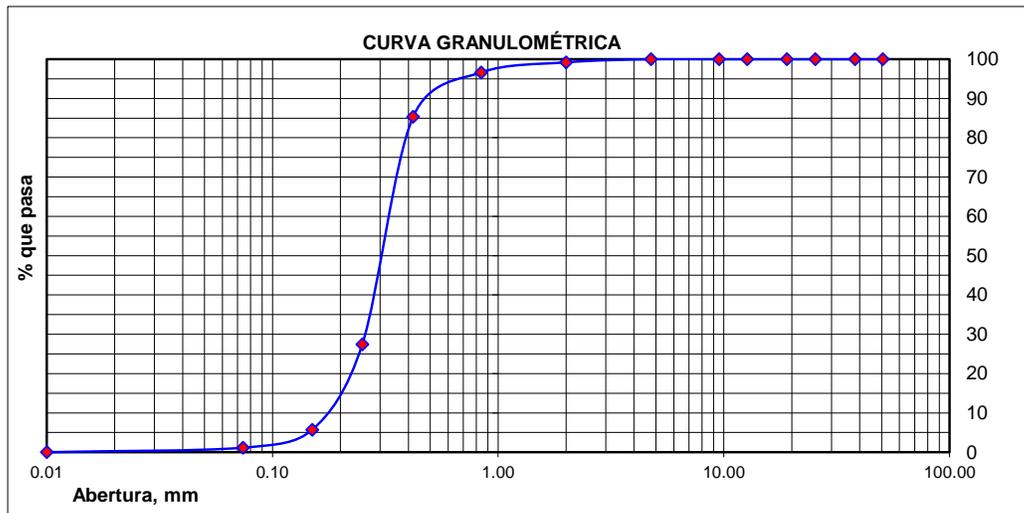
UBICACION : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 0+120 Km.
PROYECTO : "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE"

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-421

Ubicación(Km) : 0+120 Km.
 Calicata : C-01
 Muestra : M-01
 Prof. (m) : 0.50 - 1.00
 Fecha : sep-2019
Datos de Ensayo:
 Peso de muestra humedad : 624.00

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	PROP. FISICAS
3"	76.200					L. Líquido : N.P.
2 1/2"	63.500	0.00			100.0	L. Plástico : N.P.
2"	50.600	0.00	0.0	0.0	100.0	Ind. Plástico : N.P.
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. SUCS : SP
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. AASHTO : A-3 (0)
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.00	0.0	0.0	100.0	
Nº4	4.760	0.00	0.0	0.0	100.0	
Nº10	2.000	5.00	0.8	0.8	99.2	% de Grava : 0.00
Nº20	0.840	15.97	2.6	3.4	96.6	% de Arena : 98.9
Nº40	0.420	69.95	11.3	14.6	85.4	% de Finos : 1.1
Nº60	0.250	359.67	57.9	72.5	27.5	
Nº100	0.150	135.08	21.7	94.3	5.7	
Nº200	0.074	28.34	4.6	98.9	1.1	
Cazoleta	0.010	7.11	1.1	100.0	0.0	

P



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

Procedimiento	Tara Nº
1. Peso Tara, [gr]	27.322
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	103.410
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	102.610
4. Peso Agua, [gr]	0.800
5. Peso Suelo Seco, [gr]	75.288
6. Contenido de Humedad, [%]	1.063



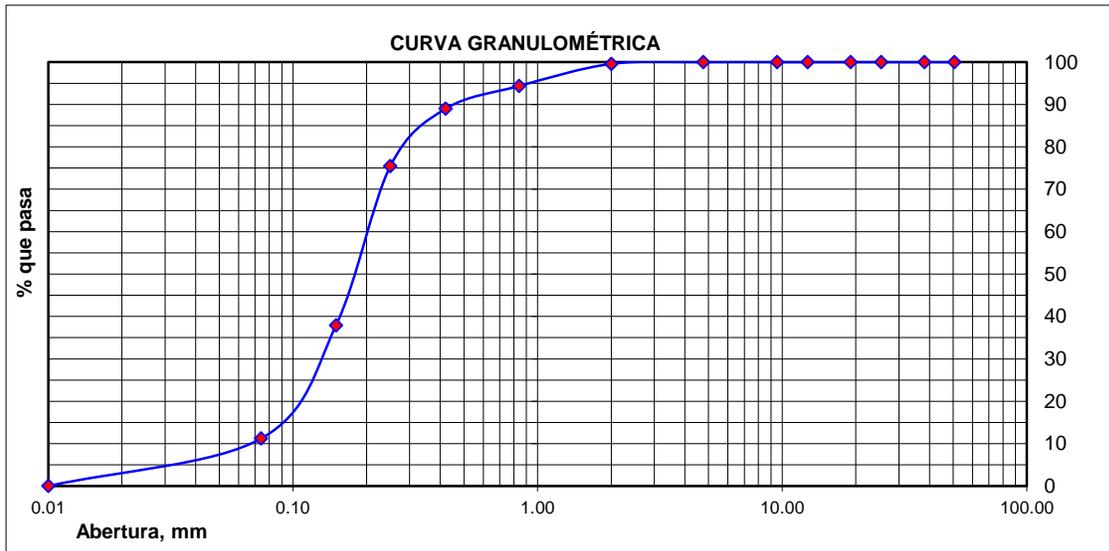
UBICACION: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 0+500 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-421

Ubicación(Km) : 0+560 Km.
 Calicata : C-2
 Muestra : M-02
 Prof. (m) : 0.50 - 1.00
 Fecha : sep-2019
Datos de Ensayo:
 Peso de muestra humeda : 595.00

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	PROP. FISICAS	
3"	76.200					L. Líquido : 0.0	
2 1/2"	63.500	0.00			100.0	L. Plástico : 0.0	
2"	50.600	0.00	0.0	0.0	100.0	Ind. Plástico : N.P.	
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. SUCS : SP-SC	
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. AASHTO : A-2-4 (2)	
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	RESUMEN GRANULOMETRICO	
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.525	0.00	0.0	0.0	100.0		% de Grava : 0.00
Nº4	4.760	0.00	0.0	0.0	100.0		% de Arena : 88.81
Nº10	2.000	2.52	0.4	0.4	99.6		% de Finos : 11.19
Nº20	0.840	30.81	5.2	5.7	94.3		
Nº40	0.420	31.73	5.4	11.0	89.0		
Nº60	0.250	79.84	13.5	24.6	75.4		
Nº100	0.150	221.39	37.6	62.1	37.9		
Nº200	0.074	157.33	26.7	88.8	11.2		
Cazoleta	0.010	65.96	11.2	100.0	0.0		

P



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

Procedimiento	Tara Nº
1. Peso Tara, [gr]	27.322
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	103.410
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	102.610
4. Peso Agua, [gr]	0.800
5. Peso Suelo Seco, [gr]	75.288
6. Contenido de Humedad, [%]	1.063



UBICACIÓN: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+000 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

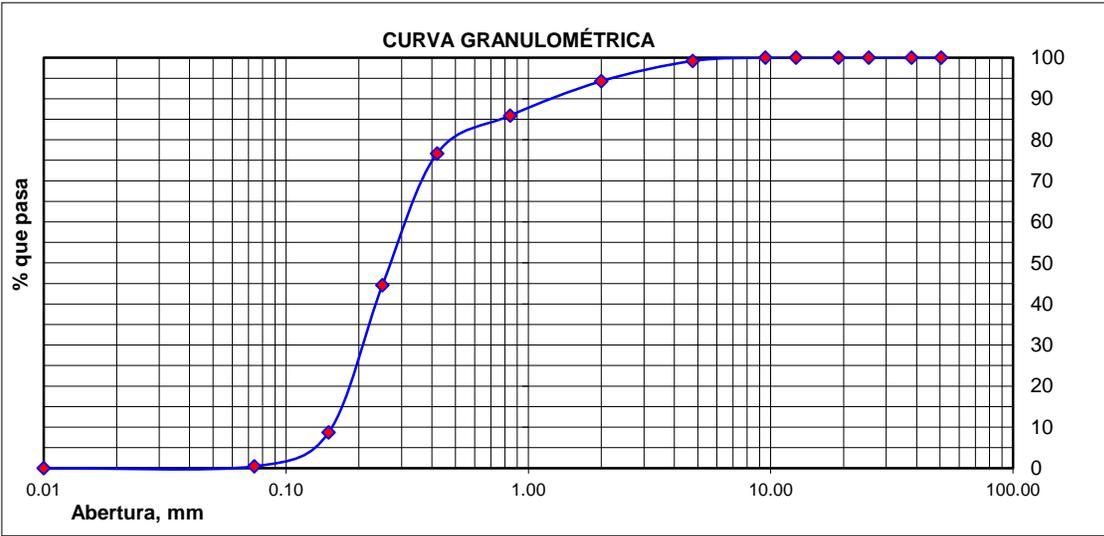
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-421

Ubicación(Km) 0+900 Km.
 Calicata C-3
 Muestra M-03
 Prof. (m) 0.50 - 1.00
 Fecha sep-2019

Datos de Ensayo:
 Peso de muestra humeda : 539.92

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	PROP. FISICAS	
3"	76.200					L. Líquido : 0.0	
2 1/2"	63.500	0.00			100.0	L. Plástico : 0.0	
2"	50.600	0.00	0.0	0.0	100.0	Ind. Plástico : N.P.	
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. SUCS : SP	
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. AASHTO : A-3 (3)	
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	RESUMEN GRANULOMÉTRICO	
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.525	0.00	0.0	0.0	100.0		% de Grava : 0.00
Nº4	4.760	4.30	0.8	0.8	99.2		% de Arena : 99.5
Nº10	2.000	26.30	4.9	5.7	94.3		% de Finos : 0.5
Nº20	0.840	44.82	8.4	14.1	85.9		
Nº40	0.420	49.28	9.2	23.3	76.7		
Nº60	0.250	171.27	32.0	55.4	44.6		
Nº100	0.150	191.83	35.9	91.3	8.7		
Nº200	0.074	44.27	8.3	99.5	0.5		
Base	0.010	2.43	0.5	100.0	0.0		

P



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

Procedimiento	Tara Nº
1. Peso Tara, [gr]	27.322
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	103.410
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	102.610
4. Peso Agua, [gr]	0.800
5. Peso Suelo Seco, [gr]	75.288
6. Contenido de Humedad, [%]	1.063



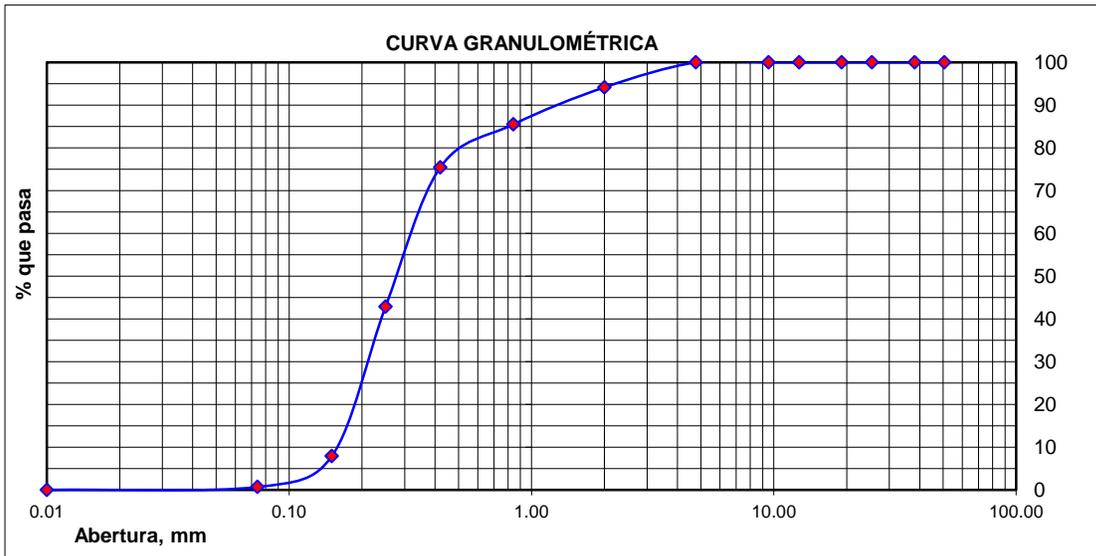
CARRETERA : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+500 Km.
PROYECTO : DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

Análisis Mecánico por Tamizado ASTM D-422

Ubicación(Km) 1+300 Km.
 Calicata C-4
 Muestra M-04
 Prof. (m) 0.50 - 1.00
 Fecha sep-2019
Datos de Ensayo:
 Peso de muestra humeda : 548.00

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	PROP. FISICAS	
3"	76.200					L. Líquido : 0.0	
2 1/2"	63.500	0.00			100.0	L. Plástico : 0.0	
2"	50.600	0.00	0.0	0.0	100.0	Ind. Plástico : N.P.	
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. SUCS : SP	
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. AASHTO : A-3 (3)	
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	RESUMEN GRANULOMETRICO	
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.525	0.00	0.0	0.0	100.0		% de Grava : 0.00
Nº4	4.760	0.00	0.0	0.0	100.0		% de Arena : 99.3
Nº10	2.000	31.75	5.8	5.8	94.2		% de Finos : 0.7
Nº20	0.840	47.33	8.7	14.5	85.5		
Nº40	0.420	54.86	10.1	24.6	75.4		
Nº60	0.250	177.06	32.5	57.1	42.9		
Nº100	0.150	190.51	35.0	92.1	7.9		
Nº200	0.074	39.37	7.2	99.3	0.7		
Base	0.010	3.69	0.7	100.0	0.0		

P



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

Procedimiento	Tara Nº
1. Peso Tara, [gr]	27.322
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	103.410
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	102.610
4. Peso Agua, [gr]	0.800
5. Peso Suelo Seco, [gr]	75.288
6. Contenido de Humedad, [%]	1.063



CARRETERA :
TRAMO :
PROYECTO :

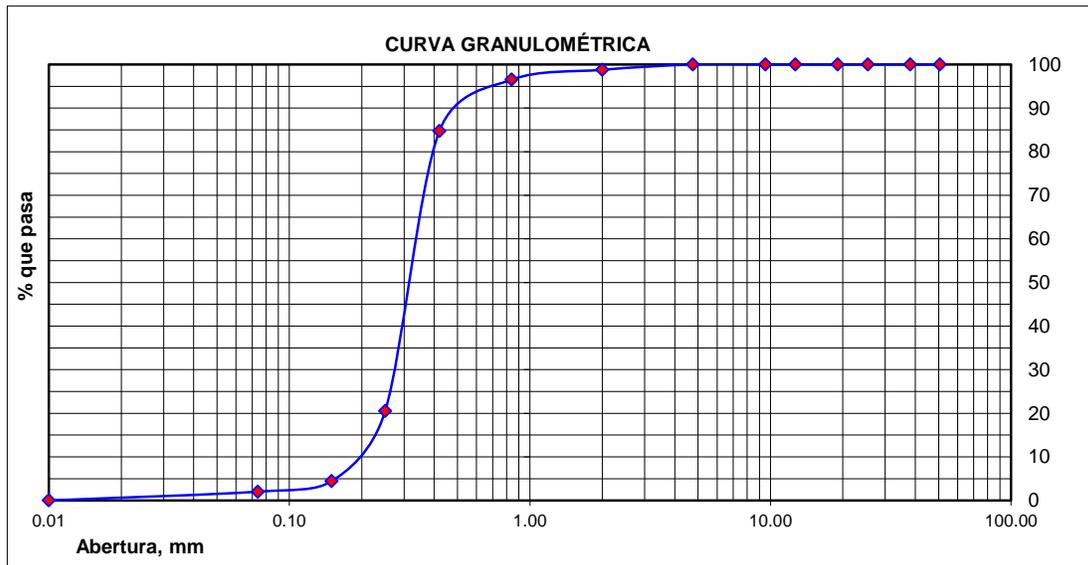
PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
 1+620 Km.
 DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
 CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO
 DE CHIMBOTE

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D-421

Ubicación(Km) : 1+620 Km.
 Calicata : C-5
 Muestra : M-05
 Prof. (m) : 0.50 - 1.00
 Fecha : sep-2019
Datos de Ensayo:
 Peso de muestra humeda : 650.19

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	PROP. FISICAS
3"	76.200	0.00				L. Líquido : 0.0
2 1/2"	63.500	0.00			100.0	L. Plástico : 0.0
2"	50.600	0.00	0.0	0.0	100.0	Ind. Plástico : N.P.
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. SUCS : SP
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	Clas. AASHTO : A-3 (3)
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0	RESUMEN GRANULOMETRICO % de Grava : 0.00 % de Arena : 98.0 % de Finos : 2.0
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.525	0.00	0.0	0.0	100.0	
Nº4	4.760	0.00	0.0	0.0	100.0	
Nº10	2.000	7.83	1.2	1.2	98.8	
Nº20	0.840	14.75	2.3	3.5	96.5	
Nº40	0.420	76.46	11.8	15.3	84.7	
Nº60	0.250	415.80	64.2	79.5	20.5	
Nº100	0.150	103.87	16.0	95.5	4.5	
Nº200	0.074	15.71	2.4	98.0	2.0	
Base	0.010	13.12	2.0	100.0	0.0	

P



CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216

Procedimiento	Tara Nº
1. Peso Tara, [gr]	27.322
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	103.410
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	102.610
4. Peso Agua, [gr]	0.800
5. Peso Suelo Seco, [gr]	75.288
6. Contenido de Humedad, [%]	1.063



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 4. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



UBICACION : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 0+120 Km.
PROYECTO : "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE"

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Datos de muestra

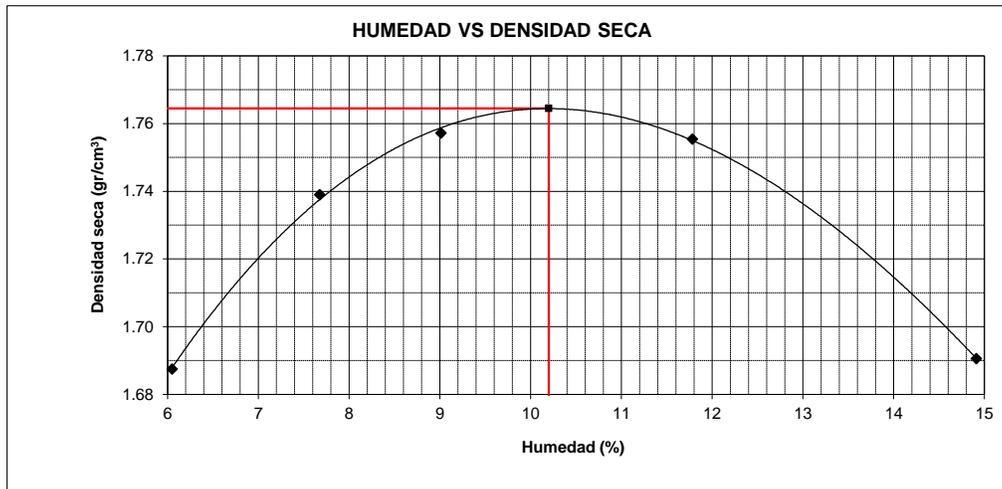
Ubicación(Km) : 0+120 Km.
 Calicata : C-01
 Muestra : M-01
 Prof. (m) : 0.50 - 1.00
 Fecha : sep-2019

Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Humedad teorica	5%	7%	9%	11%	13%
Peso suelo + molde (gr.)	5512.34	5587.67	5626.85	5669.39	5651.70
Peso molde (gr.)	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00
Peso suelo compactado (gr.)	1624.34	1699.67	1738.85	1781.39	1763.7
Volumen del molde (cm ³)	911.06	911.06	911.06	911.06	911.06
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.783	1.866	1.909	1.955	1.936

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	105.71	104.84	118.56	108.61	112.55
Tara + suelo seco (gr.)	101.50	99.56	111.30	100.27	101.71
Peso de agua (gr.)	4.21	5.28	7.26	8.34	10.84
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	74.50	72.56	84.30	73.27	74.71
Humedad (%)	5.7	7.3	8.6	11.4	14.5
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.688	1.739	1.757	1.755	1.691



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.765
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.2



UBICACION: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 0+500 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Datos de muestra

Ubicación(Km) : 0+560 Km.
Calicata : C-2
Muestra : M-02
Prof. (m) : 0.50 - 1.00
Fecha : sep-2019

Compactación

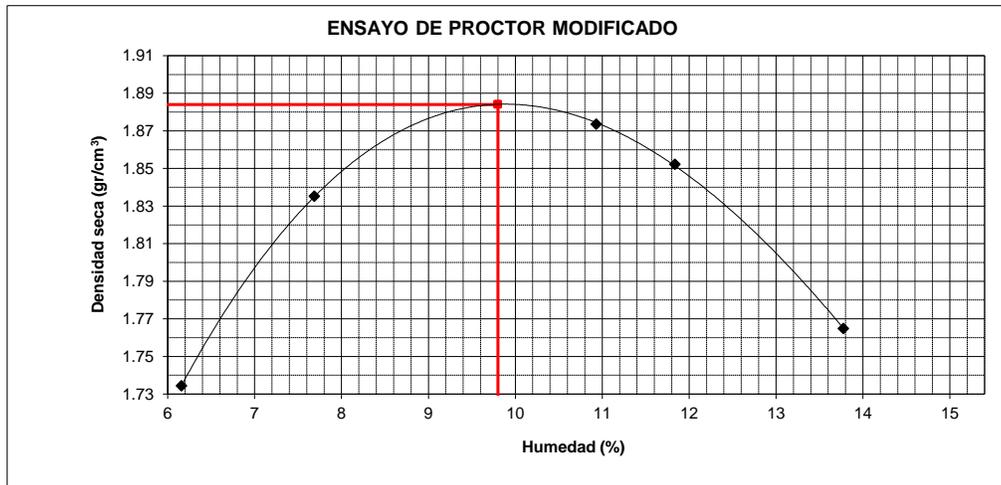
Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Humedad teorica	5%	7%	9%	11%	13%
Peso suelo + molde (gr.)	5559.12	5681.91	5774.67	5768.46	5710.97
Peso molde (gr.)	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00
Peso suelo compactado (gr.)	1671.12	1793.91	1886.67	1880.46	1822.97
Volumen del molde (cm ³)	911.06	911.06	911.06	911.06	911.06
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.834	1.969	2.071	2.064	2.001

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	106.71	107.23	123.78	112.56	107.44
Tara + suelo seco (gr.)	102.37	101.78	114.56	103.78	97.95
Peso de agua (gr.)	4.34	5.45	9.22	8.78	9.49
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	75.37	74.78	87.56	76.78	70.95
Humedad (%)	5.8	7.3	10.5	11.4	13.4
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.734	1.835	1.874	1.852	1.765

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : **1.884**

Óptimo Contenido de Humedad (: **9.8**



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.884
Óptimo Contenido de Humedad (%)	9.8



UBICACIÓN: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+000 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Datos de muestra

Ubicación(Km) : 0+900 Km.
 Calicata : C-3
 Muestra : M-03
 Prof. (m) : 0.50 - 1.00
 Fecha : sep-2019

Compactación

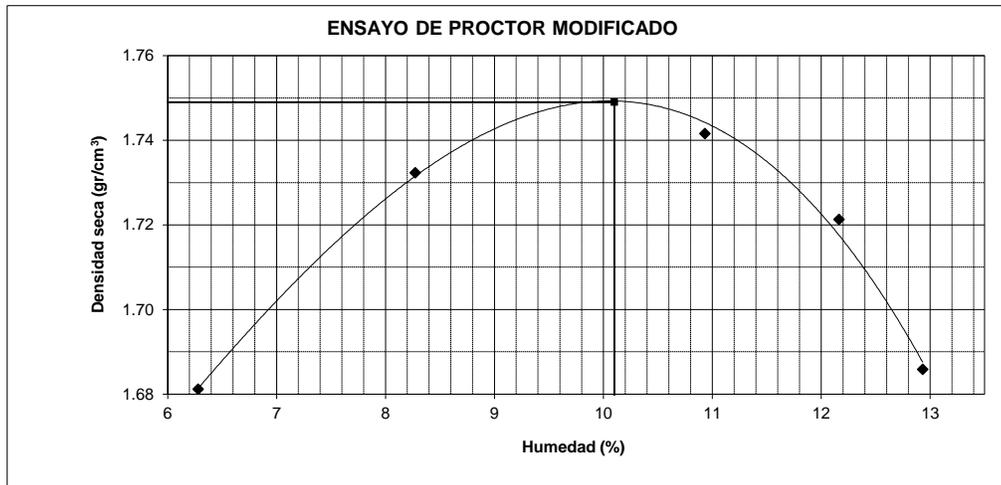
Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Humedad teorica	5%	7%	9%	11%	13%
Peso suelo + molde (gr.)	5508.14	5588.91	5640.20	5639.09	5614.85
Peso molde (gr.)	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00
Peso suelo compactado (gr.)	1620.14	1700.91	1752.2	1751.09	1726.85
Volumen del molde (cm ³)	911.06	911.06	911.06	911.06	911.06
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.778	1.867	1.923	1.922	1.895

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	105.15	102.30	119.10	80.90	137.61
Tara + suelo seco (gr.)	100.88	96.87	110.40	75.27	125.38
Peso de agua (gr.)	4.27	5.43	8.70	5.63	12.23
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	73.88	69.87	83.40	48.27	98.38
Humedad (%)	5.8	7.8	10.4	11.7	12.4
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.681	1.732	1.742	1.721	1.686

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.749

Óptimo Contenido de Humedad (: 10.1



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.749
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.1



CARRETERA : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+500 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Datos de muestra

Ubicación(Km) : 1+300 Km.
Calicata : C-4
Muestra : M-04
Prof. (m) : 0.50 - 1.00
Fecha : sep-2019

Compactación

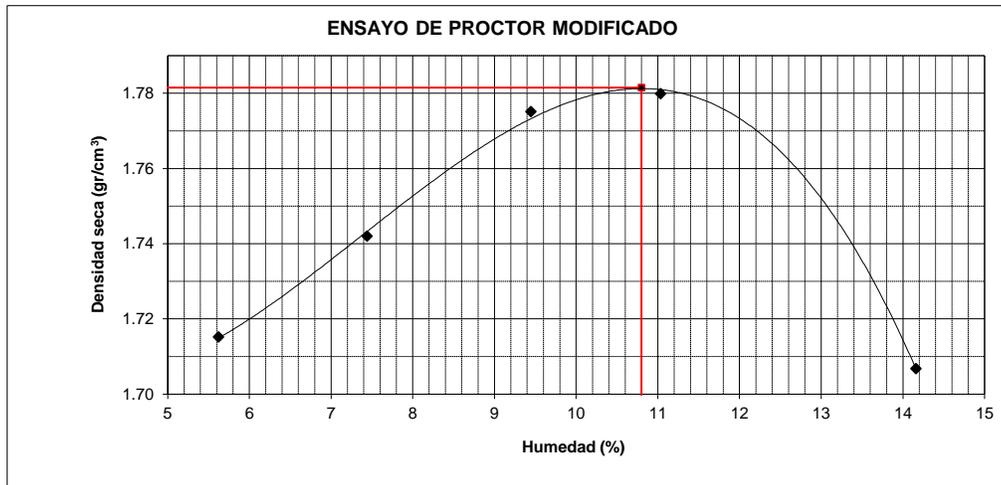
Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Humedad teorica	5%	7%	9%	11%	13%
Peso suelo + molde (gr.)	5538.49	5593.13	5658.04	5688.48	5663.17
Peso molde (gr.)	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00
Peso suelo compactado (gr.)	1650.49	1705.13	1770.04	1800.48	1775.17
Volumen del molde (cm ³)	911.06	911.06	911.06	911.06	911.06
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.812	1.872	1.943	1.976	1.948

Humedad (%)

Tara N°	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	126.40	119.86	119.92	114.55	134.06
Tara + suelo seco (gr.)	121.11	113.43	111.90	105.85	120.78
Peso de agua (gr.)	5.29	6.43	8.02	8.70	13.28
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	94.11	86.43	84.90	78.85	93.78
Humedad (%)	5.6	7.4	9.4	11.0	14.2
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.715	1.742	1.775	1.780	1.707

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.782

Óptimo Contenido de Humedad (: 10.8



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.782
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.8



CARRETERA : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+620 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO
DE CHIMBOTE

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-1557

Datos de muestra

Ubicación(Km) : 1+620 Km.
Calicata : C-5
Muestra : M-05
Prof. (m) : 0.50 - 1.00
Fecha : sep-2019

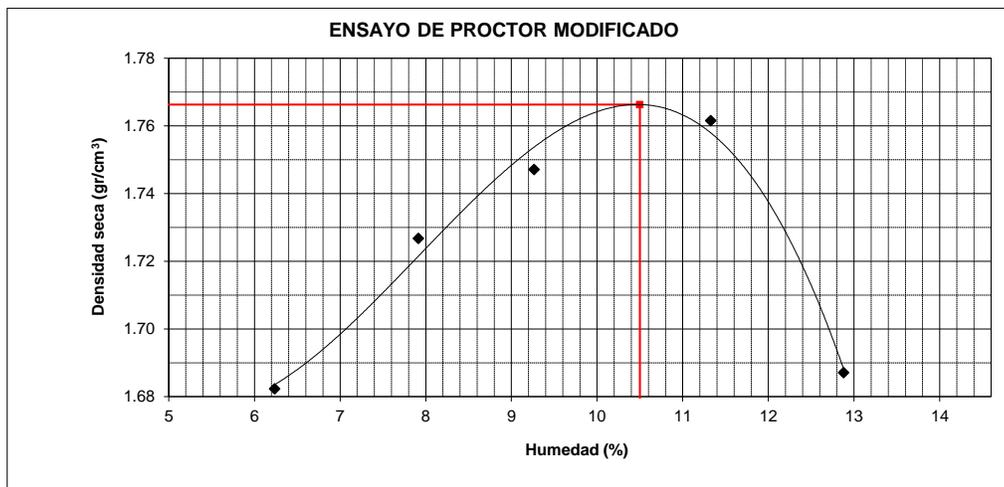
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Humedad teorica	5	7	9	11	13
Peso suelo + molde (gr.)	5516.30	5585.69	5627.25	5674.67	5623.00
Peso molde (gr.)	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00	3888.00
Peso suelo compactado (gr.)	1628.3	1697.69	1739.25	1786.67	1735
Volumen del molde (cm ³)	911.06	911.06	911.06	911.06	911.06
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.787	1.863	1.909	1.961	1.904

Humedad (%)

Tara N°					
Tara + suelo húmedo (gr.)	115.60	105.67	113.45	123.82	116.32
Tara + suelo seco (gr.)	110.40	99.90	106.12	113.97	106.13
Peso de agua (gr.)	5.20	5.77	7.33	9.85	10.19
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	83.40	72.90	79.12	86.97	79.13
Humedad (%)	6.2	7.9	9.3	11.3	12.9
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.682	1.727	1.747	1.762	1.687

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.766
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 10.5



Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.766
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.5



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 5. ENSAYO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR)



UBICACION : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 0+120 Km.
PROYECTO : "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE"

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha : sep-2019

Datos de muestra

Prog. (Km.) : 0+120 Km. Calicata : C-01
 Muestra : M-01
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.765
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.20

Compactación

Molde Nº	B1	B2	B3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	11368	11258	10991
Peso molde (gr.)	6754	6758	6758
Peso suelo compactado (gr.)	4614	4500	4233
Volumen del molde (cm ³)	2338	2345	2340
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.973	1.919	1.809

Humedad (%)

Tara Nº	T1	T2	T3
Tara+suelo húmedo (gr.)	71.77	63.71	71.15
Tara+suelo seco (gr.)	67.38	60.44	67.11
Peso de agua (gr.)	4.39	3.27	4.04
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	40.38	33.44	40.11
Humedad (%)	10.9	9.8	10.1
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.780	1.748	1.643

Aplicación de Carga

Penetración (pulg)	Penetración (mm)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
			KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	0.635		0.70	3.69	0.56	2.96	0.38	2.01
0.050	1.270		1.20	6.33	1.09	5.75	0.68	3.59
0.075	1.905		1.79	9.45	1.74	9.18	1.03	5.44
0.100	2.540	70.31	2.50	13.19	2.39	12.61	1.36	7.18
0.125	3.175		2.96	15.62	2.98	15.73	1.74	9.18
0.150	3.810		3.96	20.90	3.61	19.05	2.07	10.93
0.175	4.445		4.93	26.02	4.17	22.01	2.39	12.61
0.200	5.080	105.46	5.70	30.08	4.61	24.33	2.69	14.20
0.225	5.715		6.44	33.99	5.08	26.81	2.93	15.46
0.250	6.350		7.15	37.74	5.47	28.87	3.13	16.52
0.275	6.985		7.68	40.53	5.73	30.24	3.28	17.31
0.300	7.620		8.22	43.38	5.88	31.03	3.4	17.95
0.325	8.255		8.48	44.76	5.88	31.03	3.46	18.26
0.350	8.890		8.42	44.44	5.91	31.19	3.52	18.58
0.375	9.525		7.98	42.12	5.88	31.03	3.55	18.74

Expansión:

Fecha	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
	N.P	N.P	N.P



UBICACION : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
 TRAMO : 0+120 Km.
 PROYECTO : "DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE"

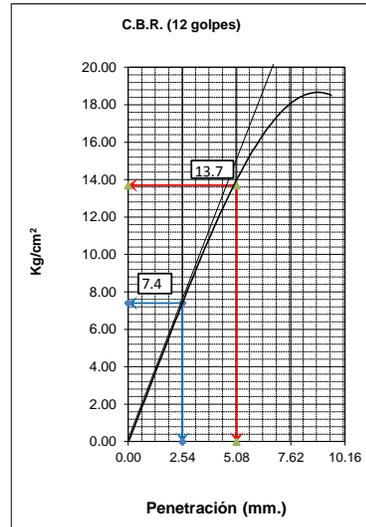
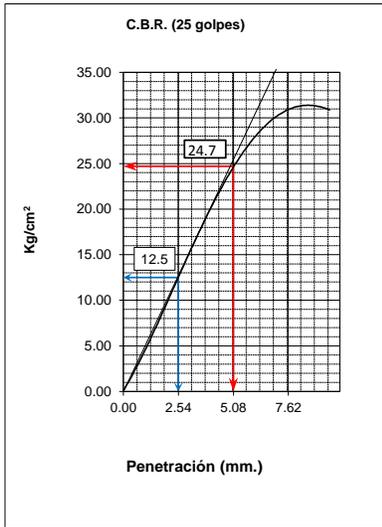
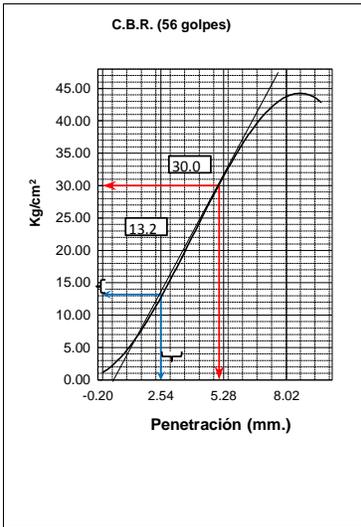
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha : sep-2019

Datos de muestra

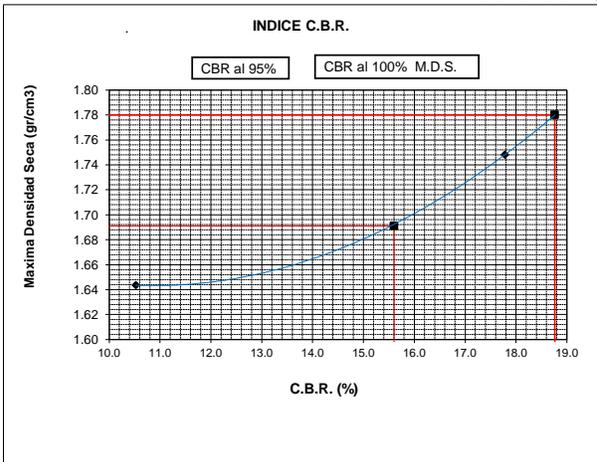
Prog. (Km.) : 0+120 Km. Calicata : C-01
 Muestra : M-01
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.765
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES	18.76	%	C.B.R. (0.1")-25 GOLPES	17.8	%	C.B.R. (0.1")-10 GOLPES	10.5	%
C.B.R. (0.2")-56 GOLPES	28.45	%	C.B.R. (0.2")-25 GOLPES	23.42	%	C.B.R. (0.2")-10 GOLPES	13.0	%

DETERMINACION DE C.B.R.



100% DE M.D.S. : 1.780 gr/cm³
 95% DE M.D.S. : 1.691 gr/cm³

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 18.8 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 15.6 %

OBSERVACIONES:



UBICACION: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 0+500 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha sep-2019

Datos de muestra

Prog. (Km.) : 0+560 Km. Calicata : C-2
 Muestra : M-02
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.884
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.80

Compactación

Molde N°	B1	B2	B3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	11500	11411	11211
Peso molde (gr.)	6753	6728	6714
Peso suelo compactado (gr.)	4747	4683	4497
Volumen del molde (cm ³)	2338	2345	2340
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.030	1.997	1.922

Humedad (%)

Tara N°	T1	T2	T3
Tara+suelo húmedo (gr.)	63.12	64.25	71.50
Tara+suelo seco (gr.)	59.83	60.44	67.11
Peso de agua (gr.)	3.29	3.81	4.39
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	32.83	33.44	40.11
Humedad (%)	10.0	11.4	10.9
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.845	1.793	1.732

Aplicación de Carga

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)
0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025		0.40	2.11	0.40	2.11	0.14	0.74
0.050		1.00	5.28	0.80	4.22	1.09	5.75
0.075		1.99	10.50	1.20	6.33	1.27	6.71
0.100	70.31	2.30	12.14	1.69	8.92	1.45	7.65
0.125		2.86	15.09	2.09	11.03	1.79	9.45
0.150		3.76	19.85	2.76	14.57	1.99	10.50
0.175		4.99	26.34	3.43	18.10	2.12	11.18
0.200	105.46	6.01	31.72	4.23	22.33	2.30	12.13
0.225		6.56	34.62	4.98	26.28	2.56	13.51
0.250		6.99	36.89	6.05	31.93	2.73	14.41
0.275		7.53	39.74	6.16	32.51	2.81	14.83
0.300		8	43.12	6.24	32.93	3	15.83
0.325		8.68	45.81	6.37	33.62	3.23	17.05
0.350		8.79	46.39	6.58	34.73	3.27	17.26
0.375		7.67	40.48	6.79	35.84	3.3	17.42

Expansión:

Fecha	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
	N.P	N.P	N.P



UBICACION: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 0+500 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

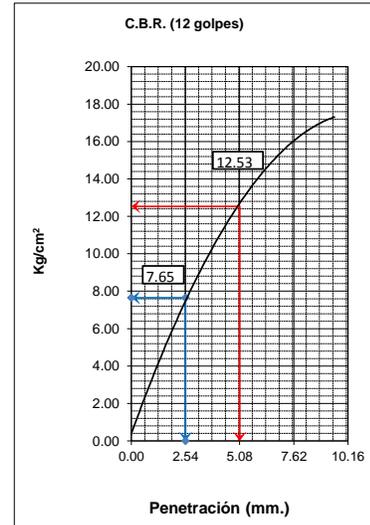
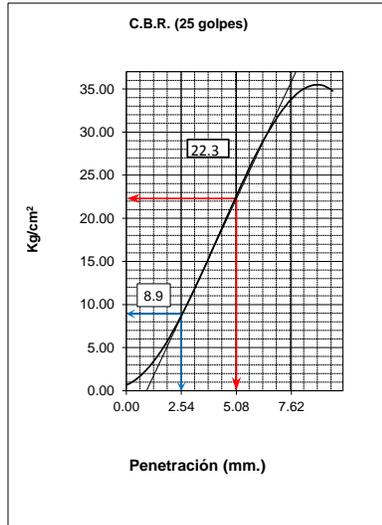
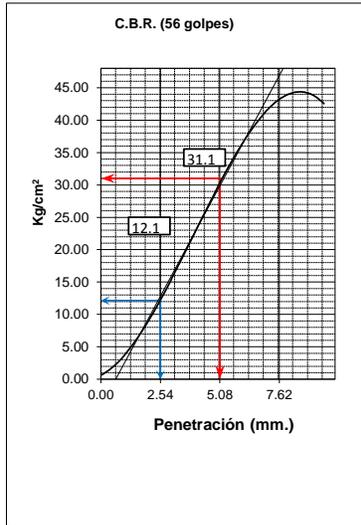
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha : sep-2019

Datos de muestra

Prog. (Km.) : 0+560 Km. Calicata : C-2
 Muestra : M-02
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.884
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 9.8

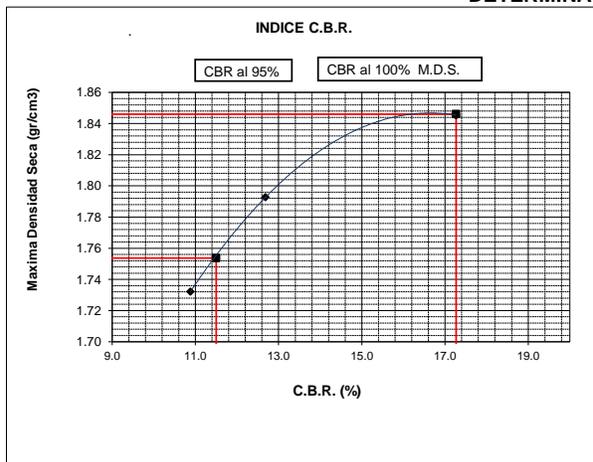


C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 17.27 %
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 29.40 %

C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 12.7 %
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 21.15 %

C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 10.9 %
 C.B.R. (0.2")-10 GOLPES : 11.9 %

DETERMINACION DE C.B.R.



100% DE M.D.S. : 1.845
 95% DE M.D.S. : 1.753

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 17.3 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 11.5 %

OBSERVACIONES:



UBICACIÓN: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+000 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
 CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha sep-2019

Datos de muestra

Prog. (Km.) : 0+900 Km. Calicata : C-3
 Muestra : M-03
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : **1.749**
 Optimo Contenido de Humedad (%) : **10.10**

Compactación

Molde N°	B1	B2	B3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	11298	11204	11017
Peso molde (gr.)	6753	6728	6714
Peso suelo compactado (gr.)	4545	4476	4303
Volumen del molde (cm ³)	2338	2345	2340
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.944	1.909	1.839

Humedad (%)

Tara N°	T1	T2	T3
Tara+suelo húmedo (gr.)	66.19	75.35	64.07
Tara+suelo seco (gr.)	62.71	71.01	59.97
Peso de agua (gr.)	3.48	4.34	4.10
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	35.71	44.01	32.97
Humedad (%)	9.7	9.9	12.4
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.771	1.737	1.636

Aplicación de Carga

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)
0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025		0.41	2.16	0.39	2.06	0.33	1.74
0.050		0.97	5.12	0.80	4.22	0.78	4.12
0.075		1.68	8.87	1.23	6.49	1.28	6.76
0.100	70.31	2.01	10.61	1.76	9.29	1.58	8.34
0.125		2.74	14.46	2.18	11.51	1.63	8.60
0.150		3.16	16.68	2.89	15.25	1.96	10.34
0.175		3.97	20.95	3.78	19.95	2.68	14.14
0.200	105.46	4.69	24.75	4.62	24.38	3.35	17.68
0.225		5.88	31.03	5.03	26.55	3.50	18.47
0.250		6.33	33.41	6.16	32.51	3.67	19.37
0.275		7.53	39.74	6.30	33.25	3.76	19.85
0.300		9	46.39	6.41	33.83	3.89	20.53
0.325		8.91	47.03	6.49	34.25	3.94	20.80
0.350		9.02	47.61	6.58	34.73	3.96	20.90
0.375		8.92	47.08	6.72	35.47	3.93	20.74

Expansión:

Fecha	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
	N.P	N.P	N.P



UBICACIÓN: PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+000 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO

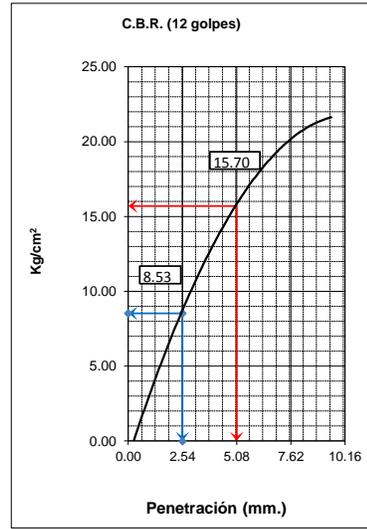
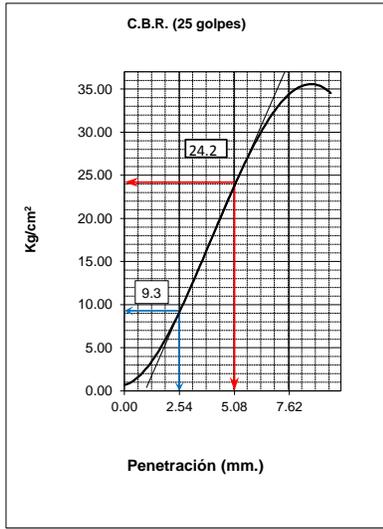
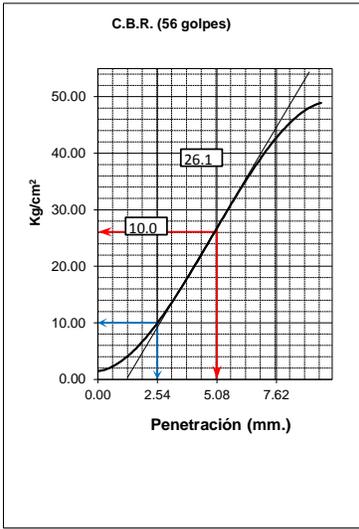
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha : sep-2019

Datos de muestra

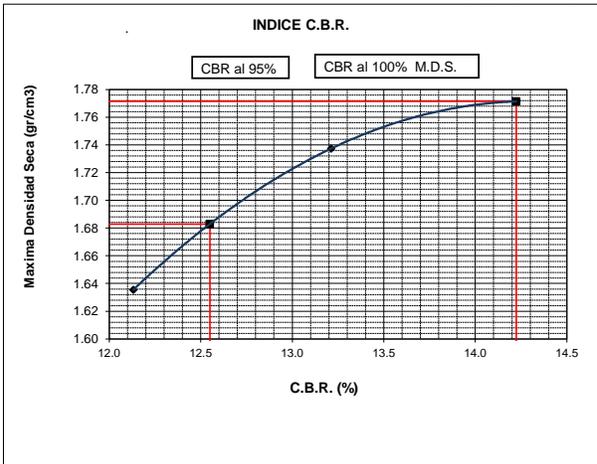
Prog. (Km.) : 0+900 Km. Calicata : C-3
 Muestra : M-03
 Prof. (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.749
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.1



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 14.22 %	C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 13.2 %	C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 12.1 %
C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 24.75 %	C.B.R. (0.2")-25 GOLPES : 22.95 %	C.B.R. (0.2")-10 GOLPES : 14.9 %

DETERMINACION DE C.B.R.



100% DE M.D.S. : 1.771
 95% DE M.D.S. : 1.683

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 14.2 % C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 12.6 %
--

OBSERVACIONES:



CARRETERA : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

TRAMO : 1+500 Km.

PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha : sep-2019

Datos de muestra

Prog. (Km.) : 1+300 Km. Calicata : C-4
 Muestra : M-04
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : **1.782**

Optimo Contenido de Humedad (%) : **10.80**

Compactación

Molde N°	B1	B2	B3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	11405	11261	11044
Peso molde (gr.)	6753	6728	6714
Peso suelo compactado (gr.)	4652	4533	4330
Volumen del molde (cm ³)	2338	2345	2340
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.990	1.933	1.850

Humedad (%)

Tara N°	T1	T2	T3
Tara+suelo húmedo (gr.)	87.79	83.63	74.80
Tara+suelo seco (gr.)	81.95	78.06	70.32
Peso de agua (gr.)	5.84	5.57	4.48
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	54.95	51.06	43.32
Humedad (%)	10.6	10.9	10.3
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.799	1.743	1.677

Aplicación de Carga

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)
0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025		0.52	2.74	0.37	1.95	0.31	1.64
0.050		1.01	5.33	0.74	3.91	0.63	3.33
0.075		1.54	8.13	1.12	5.91	0.94	4.96
0.100	73.31	2.74	14.46	1.52	8.02	1.34	7.07
0.125		2.96	15.62	1.97	10.40	1.65	8.71
0.150		3.11	16.41	2.89	15.25	1.96	10.34
0.175		3.86	20.37	3.46	18.26	2.55	13.46
0.200	105.46	5.38	28.40	4.39	23.17	3.19	16.84
0.225		5.99	31.61	4.94	26.07	3.43	18.10
0.250		6.87	36.26	5.72	30.19	3.72	19.63
0.275		7.90	41.70	6.17	32.56	3.98	21.01
0.300		9	46.50	6.37	33.62	4.19	22.11
0.325		8.96	47.29	6.44	33.99	4.25	22.43
0.350		8.86	46.76	6.51	34.36	4.29	22.64
0.375		8.86	46.76	6.51	34.36	4.26	22.48

Expansión:

Fecha	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
	N.P	N.P	N.P



CARRETERA : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+500 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

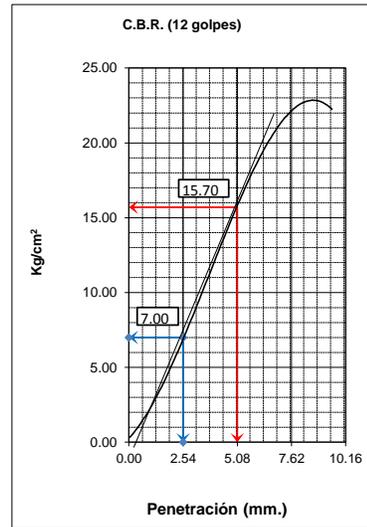
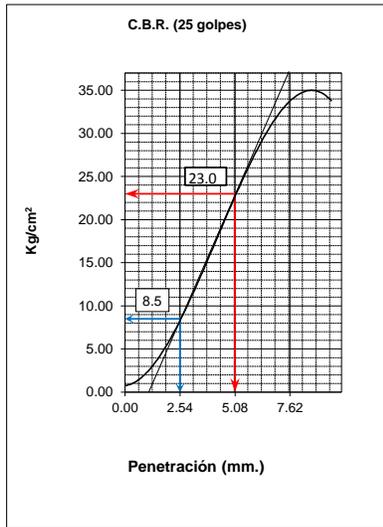
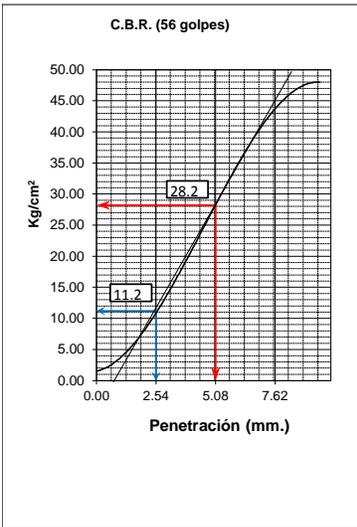
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha : sep-2019

Datos de muestra

Prog. (Km.) : 1+300 Km. Calicata : C-4
 Muestra : M-04
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.782
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.8

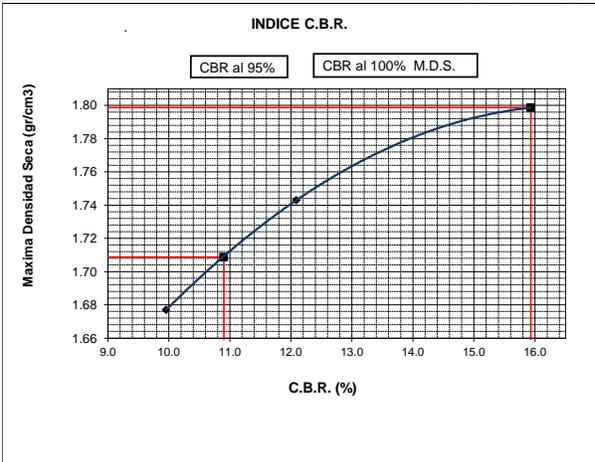


C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 15.93 %
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 26.74 %

C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 12.1 %
 C.B.R. (0.2")-25 GOLPES : 21.81 %

C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 10.0 %
 C.B.R. (0.2")-10 GOLPES : 14.9 %

DETERMINACION DE C.B.R.



100% DE M.D.S. : 1.799
 95% DE M.D.S. : 1.709

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 15.9 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 10.9 %

OBSERVACIONES:



CARRETERA : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE

TRAMO : 1+620 Km.

PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO
DE CHIMBOTE

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
Fecha : sep-2019

Datos de muestra

Prog. (Km.) : 1+620 Km. Calicata : C-5
Muestra : M-05
Prof (m.) : 0.50 - 1.00

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.766
Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.50

Compactación

Molde N°	B1	B2	B3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Peso suelo + molde (gr.)	11431	11223	10835
Peso molde (gr.)	6754	6758	6758
Peso suelo compactado (gr.)	4677	4465	4077
Volumen del molde (cm ³)	2338	2345	2340
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.000	1.904	1.742

Humedad (%)

Tara N°	T1	T2	T3
Tara+suelo húmedo (gr.)	65.76	68.43	72.62
Tara+suelo seco (gr.)	61.96	64.50	68.33
Peso de agua (gr.)	3.80	3.93	4.29
Peso de tara (gr.)	27.00	27.00	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	34.96	37.50	41.33
Humedad (%)	10.9	10.5	10.4
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.804	1.723	1.578

Aplicación de Carga

Penetración (pulg)	Presión Patrón (Kg/cm ²)	Molde I		Molde II		Molde III	
		KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)	KN	Presión (Kg/cm ²)
0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025		0.54	2.85	0.48	2.53	0.37	1.95
0.050		1.44	7.60	1.15	6.07	0.78	4.12
0.075		1.78	9.39	1.86	9.82	1.34	7.07
0.100	70.31	2.45	12.93	2.30	12.14	1.76	9.29
0.125		2.83	14.94	2.67	14.09	2.05	10.82
0.150		3.79	20.00	3.66	19.32	2.78	14.67
0.175		4.71	24.86	4.70	24.81	2.98	15.73
0.200	105.46	5.53	29.19	5.12	27.02	3.19	16.84
0.225		6.31	33.30	5.52	29.13	3.37	17.79
0.250		7.24	38.21	5.78	30.51	3.58	18.90
0.275		7.75	40.90	5.97	31.51	3.97	20.95
0.300		8.53	45.02	6.04	31.88	4.23	22.33
0.325		8.59	45.34	5.97	31.51	3.97	20.95
0.350		8.14	42.96	5.91	31.19	3.87	20.43
0.375		7.79	41.12	5.76	30.40	3.56	18.79

Expansión:

Fecha	Expansión		
	Molde I	Molde II	Molde III
	N.P	N.P	N.P



CARRETERA : PISTA ATERRIZAJE - AEROPUERTO DE CHIMBOTE
TRAMO : 1+620 Km.
PROYECTO : DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACION DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

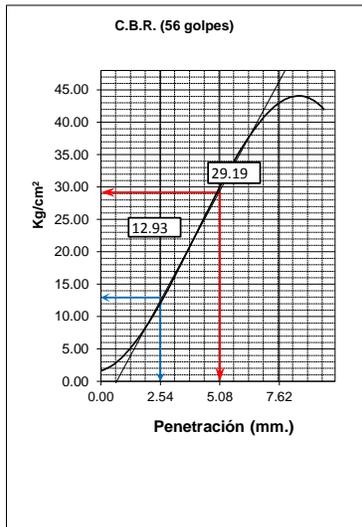
ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Realizado por : Bach. Lopez Heredia - Bach. Berrocal Castillo
 Revisado por : Ms. Julio Riasplata Diaz
 Fecha : sep-2019

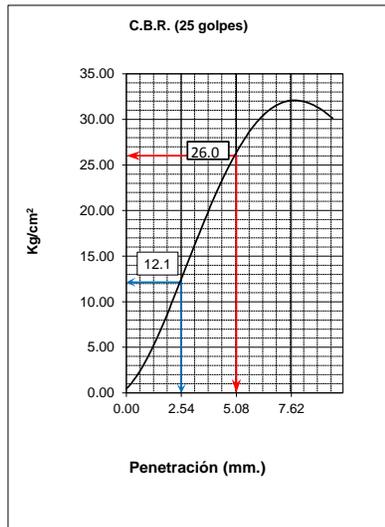
Datos de muestra

Prog. (Km.) : 1+620 Km. Calicata : C-5
 Muestra : M-05
 Prof (m.) : 0.50 - 1.00

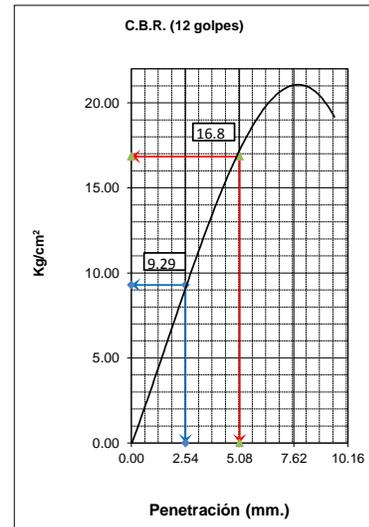
Máxima Densidad Seca (gr/cm³) : 1.766
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.5



C.B.R. (0.1")-56 GOLPES : 18.39 %
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 27.68 %

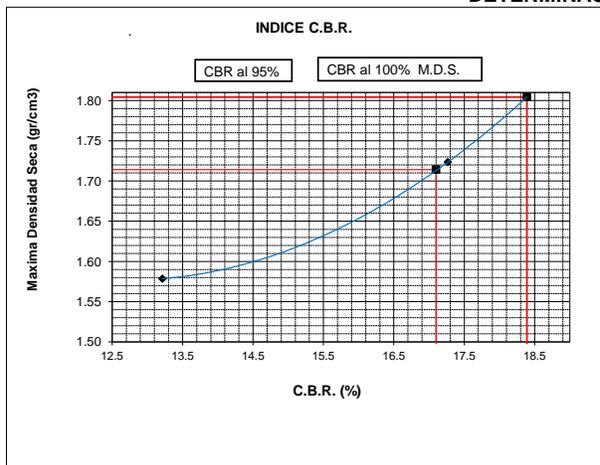


C.B.R. (0.1")-25 GOLPES : 17.3 %
 C.B.R. (0.2")-56 GOLPES : 24.67 %



C.B.R. (0.1")-10 GOLPES : 13.2 %
 C.B.R. (0.2")-10 GOLPES : 16.0 %

DETERMINACION DE C.B.R.



100% DE M.D.S. : 1.804 gr/cm³
 95% DE M.D.S. : 1.714 gr/cm³

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 18.4 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 01" : 17.1 %

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

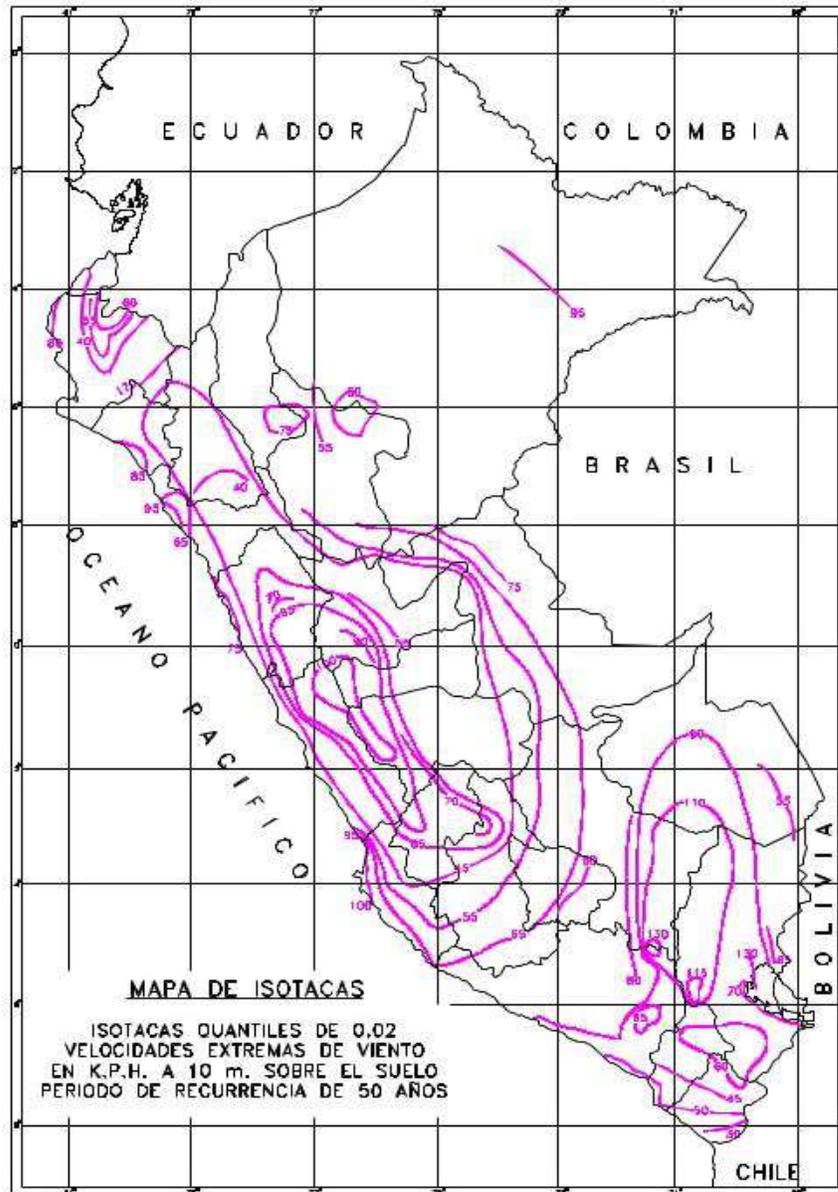
ANEXO N° 6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR CARGAS DE VIENTO

DISEÑO POR VIENTO

PARAMETROS DE CARGA DE VIENTO:

1. Velocidad Básica del viento.

Según el reglamento vigente indica que este factor deberá ser determinado de acuerdo al mapa eólico del Perú. La ubicación de nuestro proyecto está situada en Nuevo Chimbote, en la Parte Costera del departamento de Ancash.



$$V = 75\text{km/h}$$

2. Factor de direccionalidad Kd.

Este factor se determinará de acuerdo al tipo de estructura establecida en el proyecto, según la tabla:

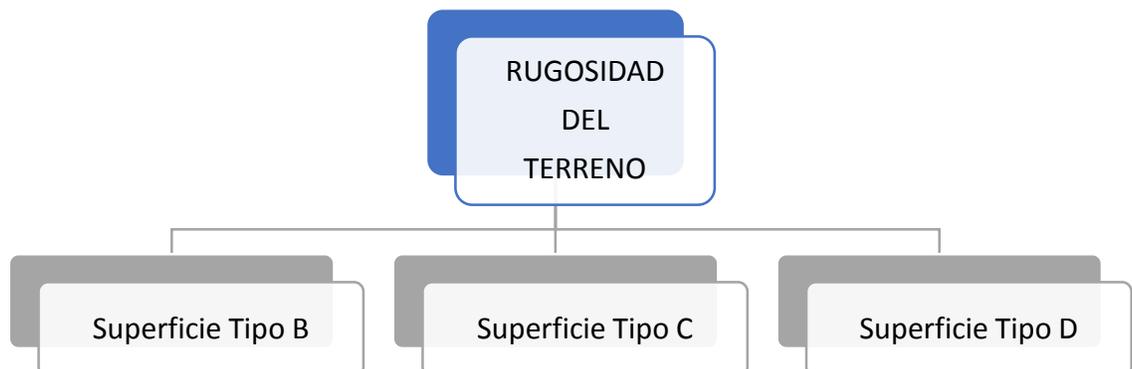
Tipo de Estructuras	Factor de Direccionalidad Kd*
Edificaciones Sistema Principal Resistente a Fuerza De viento Componentes y Revestimiento	0.85 0.85
Techos Arqueados	0.85
Chimeneas, Tanques y Estructuras Similares Cuadradas Hexagonales Redondas	0.90 0.95 0.95
Señales Macizas	0.85
Señales Abiertas y Armaduras de Celosía	0.85
Torres de Armaduras Triangulares, Cuadradas, rectangulares Todas las demás secciones transversales	0.85 0.95

En este caso el tipo de estructura se consideró una nave industrial por lo cual está considerado como un sistema resistente a momentos al que le corresponde según la norma:

$$K_d = 0.85$$

3. Rugosidad del Terreno.

Según la Norma ASCE 7-10 la rugosidad puede ser considerada en tres tipos de superficie que se muestra a continuación.



- **Superficie tipo B:** Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otro terreno con numerosas obstrucciones cercanamente espaciadas, que tienen el tamaño de viviendas familiares o más grandes.
- **Superficie Tipo C:** Dependiendo del número de obstrucciones que presenten la superficie se considerará la clasificación del proyecto, teniendo en cuenta un terreno plano abierto con obstrucciones dispersas y las cuales tienen alturas promedio menores a 9.1 metros.
- **Superficie tipo D:** Las áreas planas no obstruidas y superficies de agua, esta categoría incluye pantanos planos, hielo congelado, etc.

Nuestro proyecto entra en la clasificación de la superficie tipo C.

4. Categoría de exposición.

Este parámetro depende de la altura y la ubicación de la edificación, Según la Norma ASCE 7-10, se consideró el tipo de exposición D, la cual prevalece a una distancia en dirección al viento a 1524 m o 20 veces la altura del edificio.

5. Factor topográfico K_{zt}

Este factor esta referido a los incrementos de las fuerzas del viento debido a los cambios de topografías, tales como colinas, crestas o taludes, considerando que la ubicación geográfica de nuestro proyecto no esté situada sobre alguna colina, por lo tanto, el factor topográfico será:

$$K_{zt} = 1$$

6. Coeficiente de exposición de presión de velocidad (K_z)

Según la tabla 27.3-1 del ASCE 7 – 10, refiere este coeficiente como el factor de amplificación de la presión que ejerce el viento sobre la estructura, en función de su altura.

Altura z	K_z
0.4 – 0.6	0.85
6.1	0.90
7.6	0.94
9.1	0.98
12.2	1.04
15.2	1.09

Considerando que la altura máxima de la cobertura de la nave industrial de nuestro proyecto este situado a 8m sobre el nivel de piso terminado; por lo cual a este valor le corresponde:

Interpolando para $z = 8$:

$$K_z = 0.951$$

7. Factor de Ráfaga (G)

Para estructuras rígidas, el factor de ráfagas se tomará como 0.85.

$$G = 0.85$$

8. Clasificación de cerramiento

Este cálculo se basará en el porcentaje del área total de abertura en una pared que recibe presión del viento.

$$A_o > 1.1 A_{oi}$$

Área abierta de una pared > 1.10 Área abierta total

A_o = Área total de abertura en un muro que recibe presión externa

A_{oi} = La suma de las áreas de la abertura en la envoltura de la edificación, no incluye A_o

Calculando las áreas de las aberturas la edificación entra en la clasificación de estructura Parcialmente cerrada.

9. Coeficiente de presión interna (GCpi)

Según la tabla del ASCE 7 – 10, considerando el parámetro de clasificación de encerramiento;

Clasificación de Encerramiento	GCpi
Edificaciones Abiertas	0.00
Edificaciones Parcialmente Cerradas	+0.55
Edificaciones Cerradas	-0.55
Edificaciones Cerradas	+0.18
Edificaciones Cerradas	-0.18

, como parcialmente cerrada, se considera los valores para GCpi:

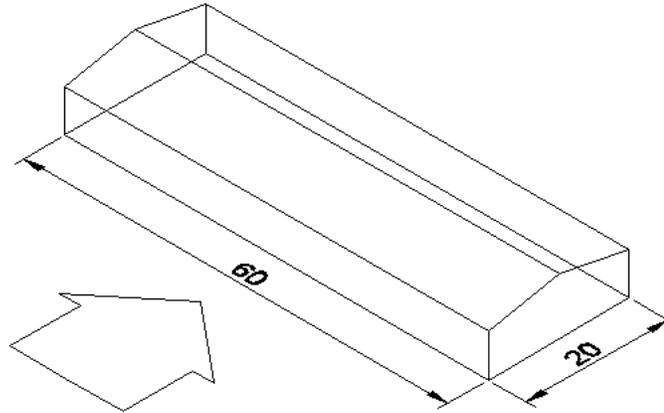
$$GCpi = +0.55$$

$$GCpi = -0.55$$

10. Coeficiente de presión externa (GCpf)

Este factor dependerá de las dimensiones de la estructura, dirección del viento e inclinación del techo.

VIENTO PERPENDICULAR A LA CUMBRERA



B=60

L=20

H=8

Para muros:

$L/B = 1/3 = 0.33$

	Cp	Usar
Muro a Barlovento	0.8	Qz
Muro a Sotavento	-0.5	Qh
Muro paralelos a la direccion del viento	-0.7	Qh

Para techos

h/L = 0.4

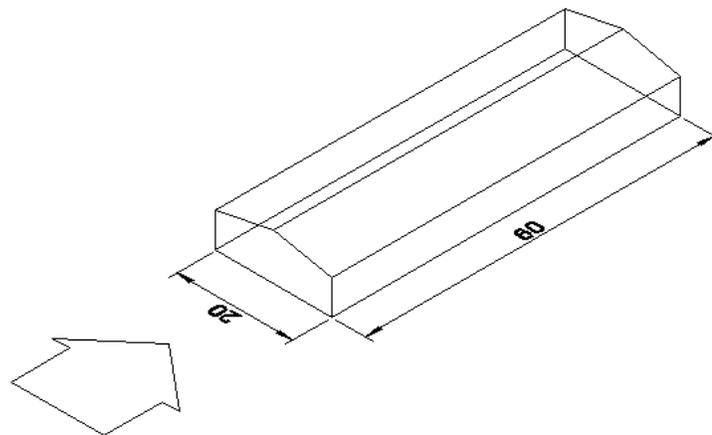
$\alpha = 11.31$

Interpolando

	Cp
Muro a Barlovento	-0.79904
	-0.13284
Muro a Sotavento	-0.3524

Sistema Principal Resistente a Fuerza de Viento. – Método 2		Todas las alturas										
Figura 6-6 (Cont.)	Coeficientes de Presión Externa, C_p		Muros y Techos									
Edificaciones Cerradas, Parcialmente Cerradas												
Coeficientes de Presión de Muro, C_p												
Superficie	L/B	C_p	Utilizar Con									
Muro de Barlovento	Todos los valores	0.8	q_s									
Muro de Sotavento	0-1	-0.5	q_s									
	2	-0.3										
	≥ 4	-0.2										
Muro Lateral	Todos los valores	-0.7	q_s									
Coeficientes de Presión de Techo, C_p, para ser usados con q_h												
Dirección del Viento	Barlovento									Sotavento		
	Ángulo, θ (grados)											
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	≥ 20
Normal al caballete para $\theta \geq 10^\circ$	≤ 0.25	-0.7 -0.18	-0.5 0.0*	-0.3 0.2	-0.2 0.3	-0.2 0.3	0.0* 0.4	0.4 0.4	0.01 θ	-0.3	-0.5	-0.6
	0.5	-0.9 -0.18	-0.7 -0.18	-0.4 0.0*	-0.3 0.2	-0.2 0.2	-0.2 0.3	0.0* 0.4	0.01 θ	-0.5	-0.5	-0.6
	≥ 1.0	-1.3** -0.18	-1.0 -0.18	-0.7 -0.18	-0.5 0.0*	-0.3 0.2	-0.2 0.2	0.0* 0.3	0.01 θ	-0.7	-0.6	-0.6
Normal al caballete para $\theta < 10^\circ$ y Paralelo al caballete para todo θ	≤ 0.5	Distancia horizontal a partir del eje de barlovento		C_p		*Se provee el valor para propósitos de interpolación. **El valor puede reducirse linealmente con el área sobre la cual es aplicable como sigue						
		0 to h/2		-0.9, -0.18								
		h/2 to h		-0.9, -0.18								
		h to 2h		-0.5, -0.18								
	≥ 1.0	0 to h/2		-1.3**, -0.18		Área (pies cuad.)		Factor de Reducción				
> h/2		-0.7, -0.18		≤ 100 (9.3 sq m)		1.0						
				200 (23.2 sq m)		0.9						
						≥ 1000 (92.9 sq m)		0.8				

VIENTO PARALELO A LA CUMBRERA



B=20

L=60

H=8

Para muros:

L/B= 3

Interpolando Cp

	Cp	Usar
Muro a Barlovento	0.8	Qz
Muro a Sotavento	-0.25	Qh
Muro paralelos a la direccion del viento	-0.7	Qh

Para techos

h/L = 0.133

h/2 = 4

2h=16

$\alpha = 11.31$

Viento paralelo a la Cumbre

Interpolando

Distancia horizontal desde el borde a barlovento	Cp
De 0 a 4	-1.3 -0.18
De 4 a 8	-0.7 -0.18

11. Calculo de velocidad de presión del viento (qz)

El valor q se determinará mediante la siguiente ecuación;

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2$$
$$q_z = 0.613 (0.951)(1)(0.85) (20.83)^2 \text{ N/m}^2$$
$$q_z = 214.99 \text{ N/m}^2$$

12. Determinación de las presiones ejercidas en el edificio

$$p = qG C_p - q_i(G C_{p_i})$$

PARA VIENTO PERPENDICULAR A LA CUMBRERA:

Muro a barlovento

Altura m		qz (kgf/m ²)	qh	Presion (Gcpi +)	Presion (Gcpi -)
	0.2 -0.4	20.518	21.92	1.90	15.95
	6.1	20.748	21.92	2.05	16.03
h=	7	21.302	21.92	2.43	16.24
	7.6	21.670	21.92	2.68	16.38
z=	8	21.924	21.92	2.85	16.47
	9.1	22.593	21.92	3.31	16.72
	12.2	23.976	21.92	4.25	17.24

Muros a Sotavento, laterales y en el techo

Superficie	qh	Cp	qz	Presión (Gcpi +) Kg/m ²	Presión (Gcpi -) Kg/m ²
Muro a Sotavento	21.302	-0.5	21.92	-21.193	3.00
Muros laterales	21.302	-0.7	21.92	-24.730	-0.619
Techo a barlovento	21.302	-0.79904	21.92	-26.524	-2.412
		-0.13284		-14.461	9.651
Techo a sotavento	21.302	-0.3524	21.92	-18.437	5.675

PARA VIENTO PARALELO A LA CUMBRERA:

Muro a barlovento

Altura m		qz (kgf/m ²)	qh	Presion (Gcpi +)	Presion (Gcpi -)
	0.2 -0.4	20.518	21.92	1.90	15.95
	6.1	20.748	21.92	2.05	16.03
h=	7	21.302	21.92	2.43	16.24
	7.6	21.670	21.92	2.68	16.38
z=	8	21.924	21.92	2.85	16.47
	9.1	22.593	21.92	3.31	16.72
	12.2	23.976	21.92	4.25	17.24

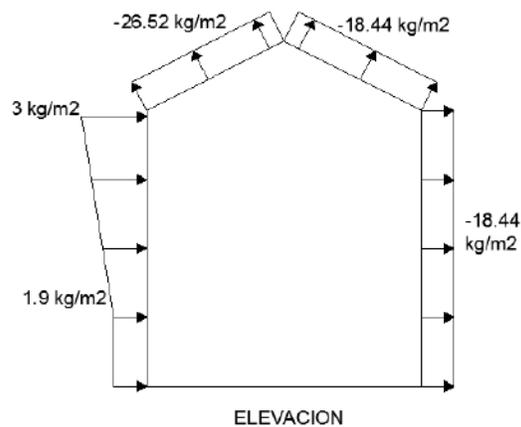
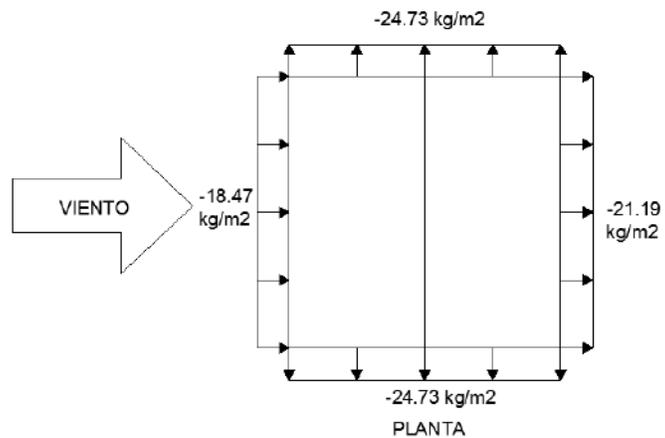
Muros a Sotavento, laterales y en el techo

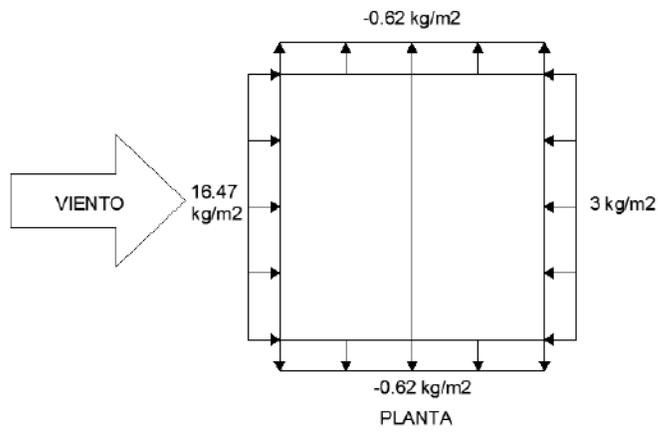
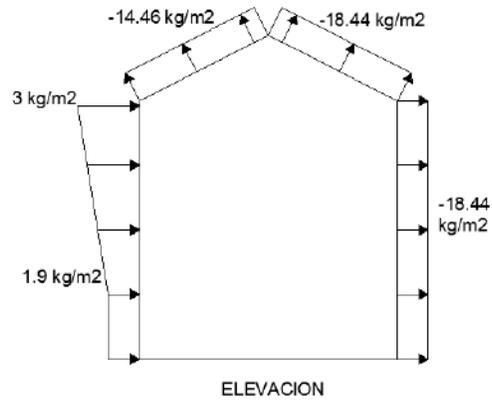
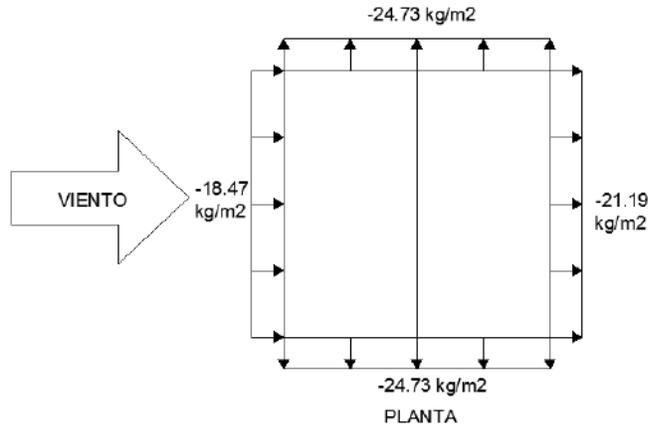
Superficie	qh	Cp	qz	Presión (Gcpi +) Kg/m ²	Presión (Gcpi -) Kg/m ²
Muro a Sotavento	21.302	-0.8	21.92	-21.193	3.00
Muros laterales	21.302	-0.25	21.92	-24.730	-0.619

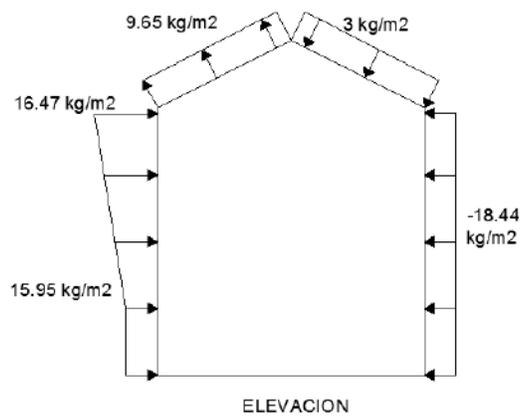
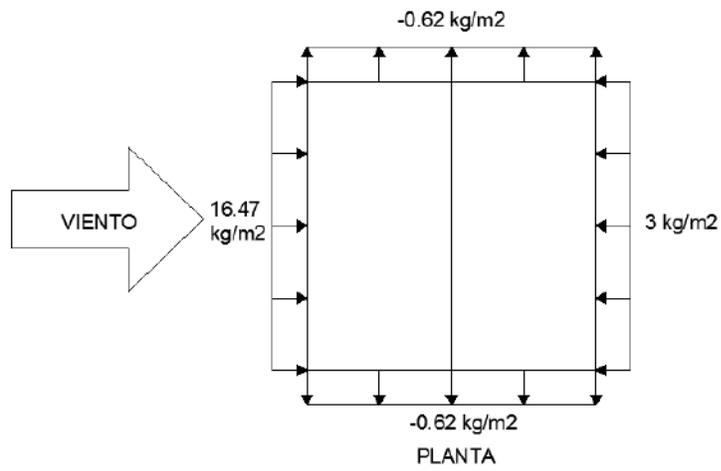
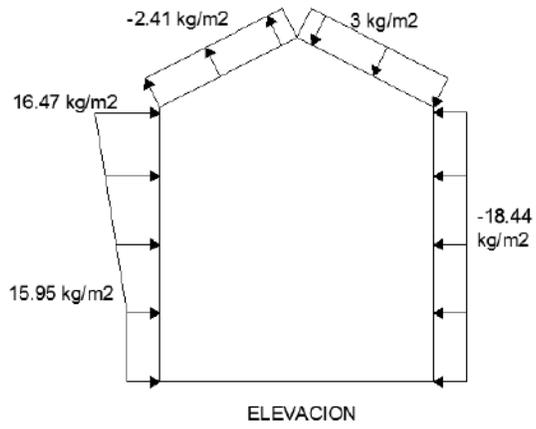
Techos

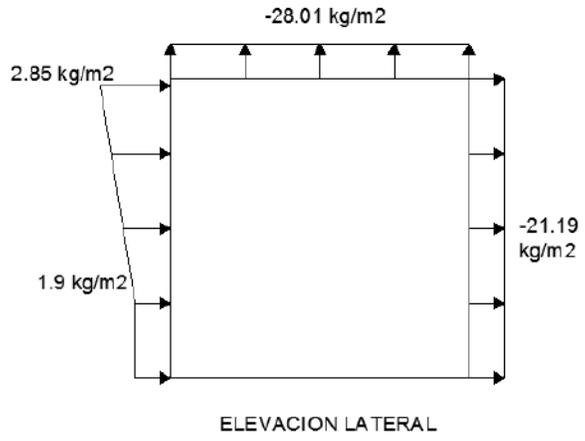
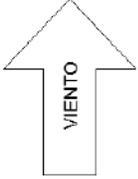
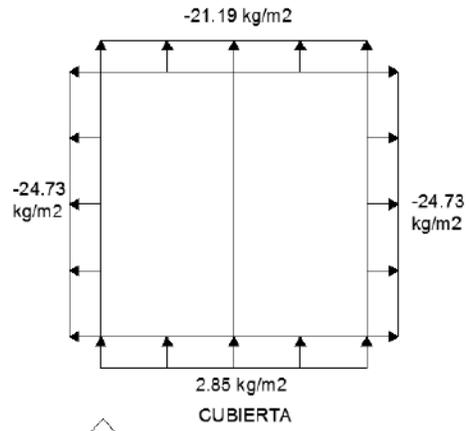
Distancia horizontal desde el borde a barlovento	Cp	qh	qz	Presión (Gcpi +)	Presión (Gcpi -)
De 0 a 20 m	-0.90	21.302	21.302	-28.01	-4.58
	-0.18	21.302	21.302	-14.98	8.46

13. Esquema de presiones de viento











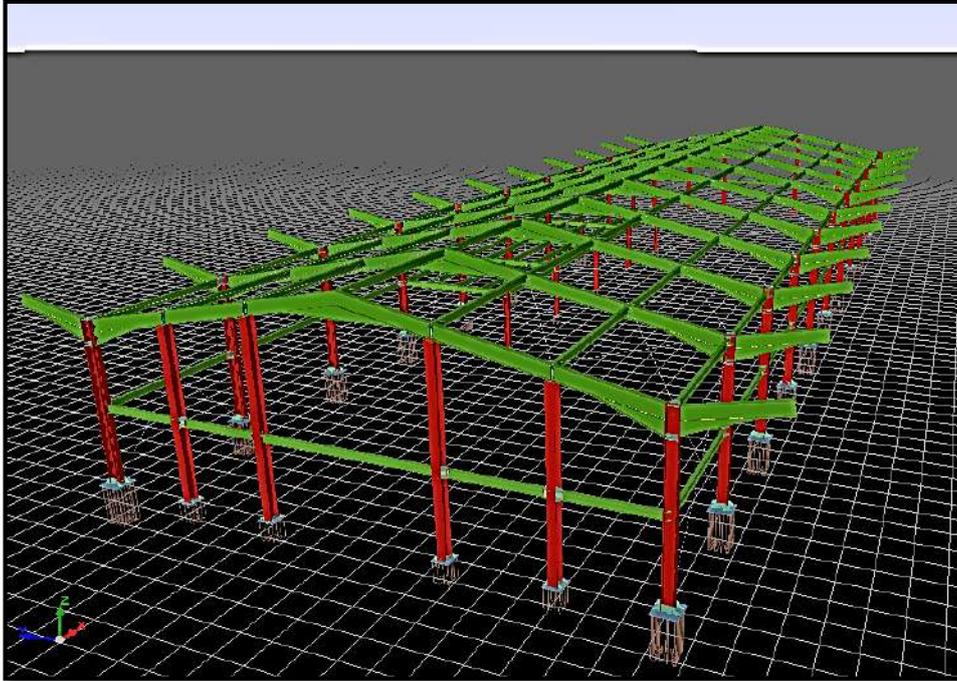
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL POR CARGAS DE SISMO

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

MEMORIA DE CÁLCULO



PROYECTO: “DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE, SANTA, ANCASH – PERU”

**INFORME: MEMORIA DE CÁLCULO ESTRUCTURAL
ESTRUCTURA METÁLICA PARA TERMINAL AEROPORTUARIO**

BACH .BERROCAL CASTILLO ELWIN JHAMPIER

BACH. LOPEZ HEREDIA JUAN CARLOS

CHIMBOTE – ANCASH

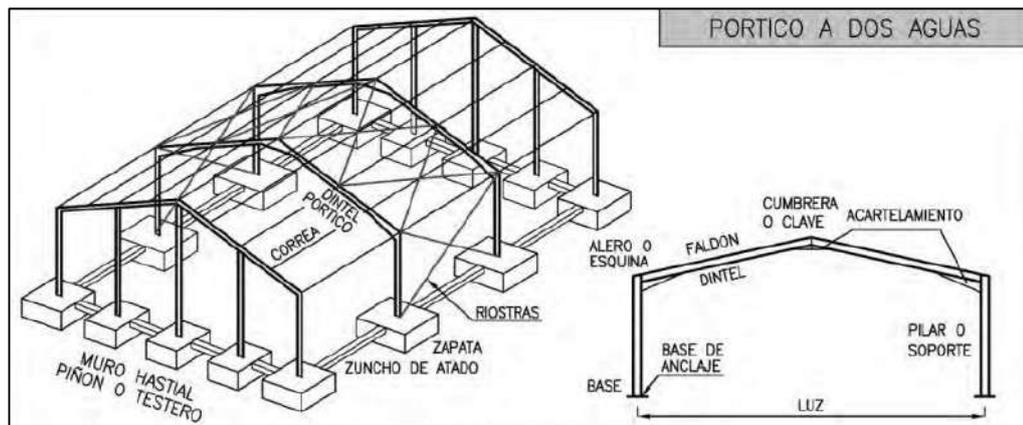
JULIO 2020

ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

1. Predimensionamiento

1.1. Predimensionamiento de vigas:

Para el diseño de vigas se debe considerar que la estructura que se conformará, es un pórtico a dos aguas, conformadas por dos vigas inclinadas, que conforman el faldón de la cubierta y soportan a las correas.



Las vigas se dimensionarán para un peralte orientado a la formula dada para dintel a dos aguas, de sección constante con perfil laminado en caliente, consideraremos el pórtico principal:

$$p = \frac{L}{50}$$

Reemplazando en la ecuación obtenemos un peralte $p = \frac{20}{50} = 0.4 \text{ m}$

Debemos tener en cuenta que estos valores son orientativos, y que el peralte obtenido debe ser el mínimo que podemos considerar, entonces la menor sección de viga a considerar sería **IPE 400**.

Un factor que se debe controlar es el efecto columna fuerte viga débil mediante la verificación del módulo plástico de las vigas este siendo 2.5 a 3 veces el módulo plástico de las columnas ($W_{zv} = 2.5-3W_{zc}$).

Mediante la verificación de los elementos se corrigió la dimensión de la viga obteniéndose:

- Sección **IPE 450** para el pórtico principal (Eje x)



1.2. Predimensionamiento de columnas:

Se empleó el método del libro “Predimensionamiento de estructuras metálicas” donde nos proponen determinar el área de la columna según las cargas concentradas iniciales y la disposición del elemento.

Teniendo lo siguiente:

$$A = k * P$$

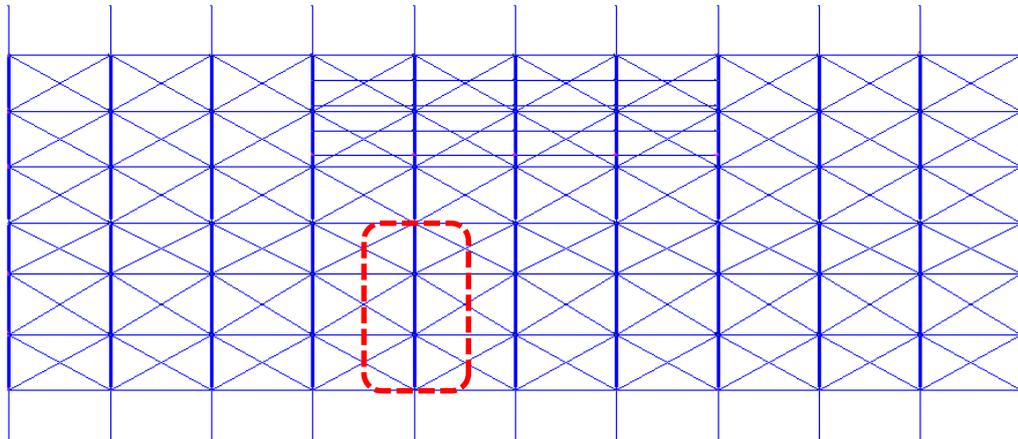
A = Área de la columna (cm²)

k = Factor de cálculo

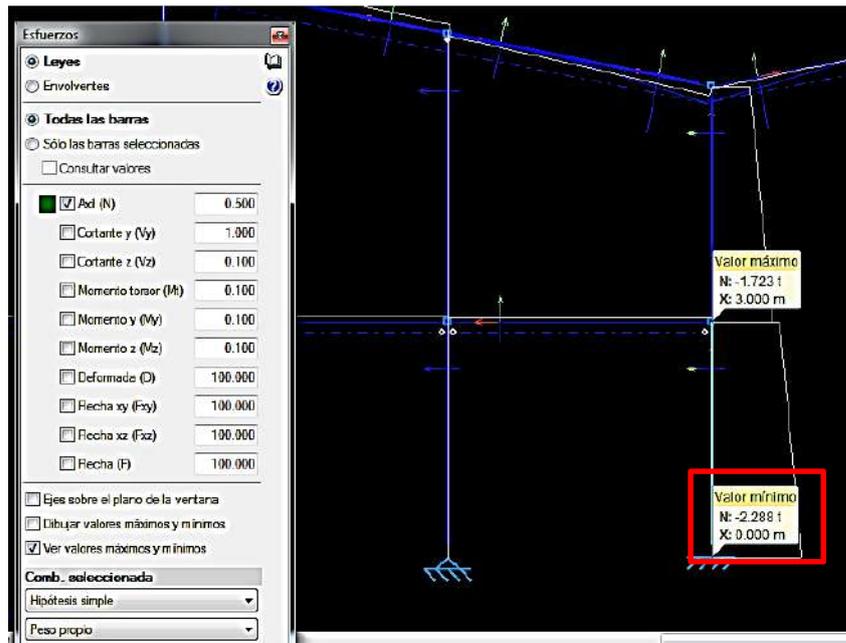
P = carga de columna expresada (ton)

Posición	Valor de k
Central	8
Lateral	15
Esquina	21

Metrado de carga para Nodo en Columna Lateral:



Elemento	Detalle	Peso	Longitud	Peso (kg)
Correa	C 150	6.97 kg/m	18 m	125.46
Cobertura	TR 4 Aluzinc	4.60 kg/m ²	61.188 m ²	281.46
Viga	IPE 450	79.54 kg/m	10.1980 m	811.15
Trabes	IPE 270	37.00 kg/m	21 m	777.00
Tensores	R 16	1.58 kg/m	41.3763 m	65.37
Ins. Grls.	Elem, adicion.	3.8 kg/m ²	60 m ²	228.00
			TOTAL (P)	2288.45 kg



Calculando el área del perfil, para la sección más crítica:

$$A = k * P$$

$$A = 15 * 2.288$$

$$A = 34.32 \text{ cm}^2$$

Del prontuario de perfiles:

Catálogo de Perfiles HEB Laminados
 Propiedades Geométricas y Mecánicas

Perfil HEB

Designación	M kg/m	P kN/m	h mm	b mm	tw mm	tf mm	r mm	d mm	hi mm	A cm ²	ly cm ⁴	Wy cm ³	iy cm	Wply cm ³	Iz cm ⁴
HEB 100	20.4	0.204	100	100	6.0	10.0	12	56.0	80.0	26.0	450	89.9	4.16	104.2	167
HEB 120	26.7	0.267	120	120	6.5	11.0	12	74.0	98.0	34.0	864	144.1	5.04	165.2	318
HEB 140	33.7	0.337	140	140	7.0	12.0	12	92.0	116.0	43.0	1509	215.6	5.93	245.4	550
HEB 160	42.6	0.426	160	160	8.0	13.0	15	104.0	134.0	54.3	2492	311.5	6.78	354.0	689
HEB 180	51.2	0.512	180	180	8.5	14.0	15	122.0	152.0	65.3	3831	425.7	7.66	481.5	1363
HEB 200	61.3	0.613	200	200	9.0	15.0	18	134.0	170.0	78.1	5697	569.7	8.54	642.6	2003
HEB 220	71.5	0.715	220	220	9.5	16.0	18	152.0	188.0	91.0	8091	735.6	9.43	827.1	2843
HEB 240	83.2	0.832	240	240	10.0	17.0	21	164.0	206.0	106.0	11260	938.3	10.31	1053.2	3923
HEB 260	93.0	0.930	260	260	10.0	17.5	24	177.0	225.0	118.5	14921	1147.7	11.22	1283.0	5135
* HEB 280	103.1	1.031	280	280	10.5	18.0	24	196.0	244.0	131.4	19272	1376.5	12.11	1534.5	6595
* HEB 300	117.0	1.170	300	300	11.0	19.0	27	208.0	262.0	149.1	25168	1677.8	12.99	1868.8	8563
* HEB 320	126.7	1.267	320	300	11.5	20.5	27	225.0	279.0	161.4	30826	1926.6	13.82	2149.4	9239
* HEB 340	134.2	1.342	340	300	12.0	21.5	27	243.0	297.0	170.9	36659	2156.4	14.65	2408.3	9690
* HEB 360	141.8	1.418	360	300	12.5	22.5	27	261.0	315.0	180.6	43196	2399.8	15.46	2693.2	10141
* HEB 400	155.3	1.553	400	300	13.5	24.0	27	298.0	352.0	197.8	57684	2884.2	17.08	3231.9	10819
* HEB 450	171.1	1.711	450	300	14.0	26.0	27	344.0	398.0	218.0	79892	3550.8	19.14	3982.6	11721
* HEB 500	187.3	1.873	500	300	14.5	28.0	27	390.0	444.0	238.6	107181	4287.3	21.19	4814.8	12624
* HEB 550	199.4	1.994	550	300	15.0	29.0	27	438.0	492.0	254.1	136698	4970.8	23.20	5590.9	13077
* HEB 600	211.9	2.119	600	300	15.5	30.0	27	486.0	540.0	270.0	171050	5701.7	25.17	6425.4	13530



Seleccionamos un área mínima de 43.00 cm^2 , que le corresponde al Perfil **HEB 140**, el cual se usará como base para el diseño estructural y será el perfil mínimo seleccionable, posteriormente será corregido luego de asumir las combinaciones de cargas más críticas.

1.3. Predimensionamiento de correas:

La función principal de las correas es servir de soporte a las planchas de la cubierta que se utilizarán como techo, cumplen una función similar a la de las vigas, sin embargo soportan cargas más livianas.

Tipo de Elemento	Altura
Correa de cubierta con perfil conformado en frío	L/30
Correa de cubierta con perfil conformado en caliente	L/40

Reemplazando en la ecuación obtenemos un peralte de correas

$$p = \frac{6}{30 \text{ Ó } 40} = 0.15 \text{ Ó } 0.20 \text{ m.}$$

Entonces la menor sección de correa a considerar sería **C 150**

1.4. Predimensionamiento de arriostres:

La selección del perfil para los arriostres diagonales regirá por la siguiente fórmula:

$$r_{\min} = \frac{KL}{4} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

K = 0.5; Factor de longitud efectiva.

L = Longitud del arriostre (cm).

r_{\min} = Radio de giro mínimo requerido.

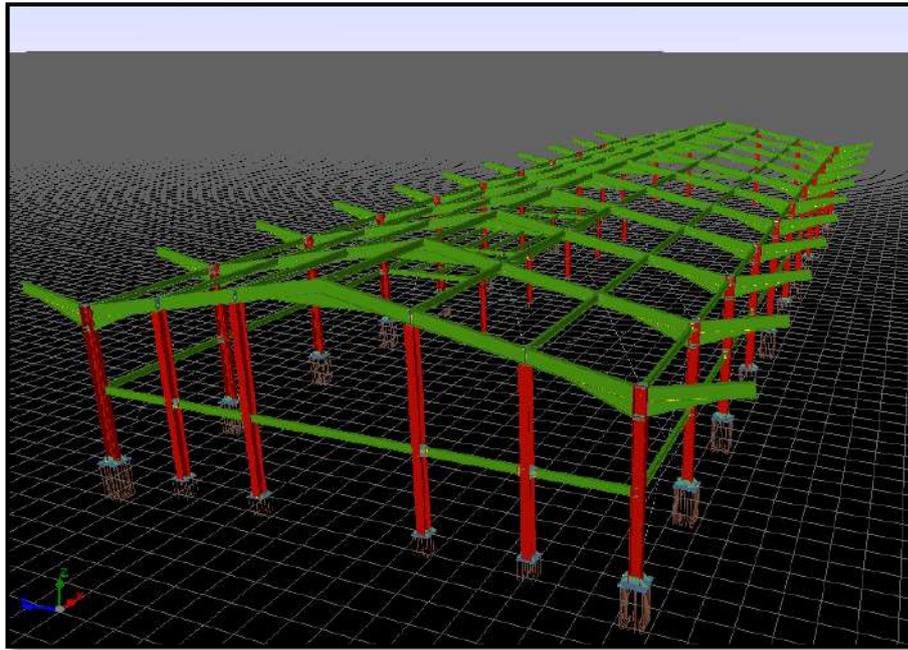
Obteniendo:

$$r_{\min} = \frac{(0.5)(848.53)}{4} \sqrt{\frac{2530}{2100000}}$$
$$r_{\min} = 11.6420 \text{ cm}$$

Los arriostres que se usarán para el diseño deberán tener un $r_{\min} = 11.6420 \text{ cm}$, considerando el **Perfil Comercial Redondo R12** como mínimo.

1. Cálculo de cargas actuantes para la estructura.

La metodología utilizada será el “metrado isostático” o también conocido como el de áreas tributarias.



Esquema de la nave industrial

Datos generales de la nave:

$L = 60\text{m}$ largo de la nave.

$A = 20\text{ m}$ ancho de la nave.

$H = 8\text{ m}$ altura máxima del Pórtico x.

$h = 6\text{ m}$ altura máxima del Pórtico y.

1.1. Carga Muerta.

A continuación se definen los pesos de los elementos que conforman la nave industrial por metro lineal.

Elementos	Carga	Detalle
Cobertura	4.60 kg/m ²	TR 4 Aluzinc
Correas de techo	6.97 kg/m	C 150
Vigas	79.54 kg/m	IPE 450
Columnas	141.77 kg/m	HE 360B
Tensores (cobertura)	1.58 kg/m	R 16
Arriostres	0.89 kg/m	R 12
Trabes	37.00 kg/m	IPE 270

1.2. Carga Viento.

En los anexos

1.3. Carga Sismo.

En los anexos



1.4. Combinaciones de carga

Las cargas y combinaciones de cargas, serán las estipuladas en el estándar SEI/ASCE 7 2002 Sección 2.3

1. $1.4 (D + F)$
2. $(D + F + T) + 1.6 (L + H) + 0.5 (Lr \text{ or } S \text{ or } R)$
3. $1.2D + 1.6 (L, \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.8W)$
4. $1.2D + 1.6W + L + 0.5 (L, \text{ or } S \text{ or } R)$
5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
6. $0.9D + 1.6W + 1.6H$
7. $0.9D + 1.0E + 1.6H$

Dónde:

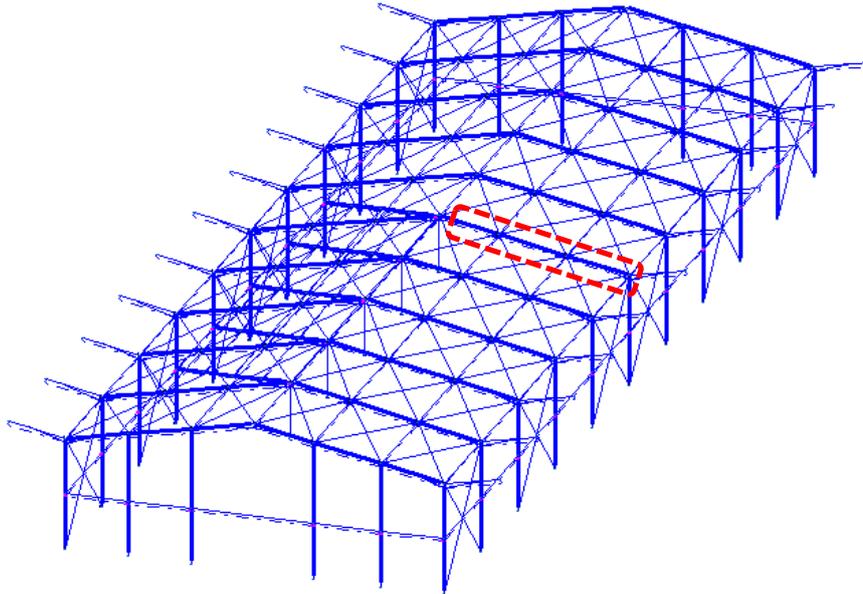
- D = Carga Muerta.
- E = Carga de Sismo.
- F = Carga debido a fluidos.
- H = Carga debido a la presión de tierra lateral.
- L = Carga Viva.
- Lr = Carga Viva de techo.
- R = Carga de Lluvia.
- S = Carga de Nieve.
- W = Carga de viento.

La combinación de cargas usada para el cálculo será el valor de la carga más crítica, según sea el elemento a analizar.

2. Modelación de la estructura mediante el Programa CYPECAD.

Para la presente tesis, se emplea el programa CYPECAD v18.2.0 para el análisis. CYPECAD 3D es uno de los software pensados para el desarrollo del diseño estructural en tres dimensiones, sea acero, madera, concreto o materiales mixtos; el programa optimiza la selección de los perfiles de las barras de acero, verifica el dimensionamiento y comprobación de los perfiles de acero. Es una poderosa herramienta de diseño mediante acero, ya que cuenta con los códigos de diseño ACI y AISC.

2.1. Diseño de vigas



Perfil: IPE 450, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 2.00 m.)
Material: Acero (A36)

Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾						
		Área (cm ²)	I _x ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	x _g ⁽⁴⁾ (mm)	y _g ⁽⁴⁾ (mm)	
N22	N62	3.399	166.10	157699.95	2513.42	98.26	0.00	217.70

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.
β	0.12	3.00	0.47	1.00
L _K	0.404	10.197	1.600	3.399
C _b	-		1.700	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_b: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$\eta_T : \mathbf{0.083}$ ✓

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 1.99 m del nudo N22, para la combinación de cargas $0.9 \cdot (PP+CM1)+V$ (180°-225°) H1.



Donde:

P_r: Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{18.764} \text{ t}$$

P_c: Resistencia de diseño a tracción

$$P_c : \underline{226.606} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_t P_n$$

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Dónde:

ϕ_t : Factor de resistencia a tracción, tomado como:

$$\phi_t : \underline{0.90}$$

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

$$P_n = F_y A (D2 - 1)$$

$$P_n : \underline{251.784} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

F_y: Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

Limitación de esbeltez para compresión (Capítulo E)

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{55} \quad \checkmark$$

λ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

$$\lambda : \underline{55}$$

Donde:

L: Longitud de la barra

$$L : \underline{10198} \text{ mm}$$

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.00}$$

r_x: Radio de giro respecto al eje X

$$r_x : \underline{18.48} \text{ cm}$$

Donde:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r_x : \underline{18.48} \text{ cm}$$

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X

$$I_x : \underline{33740.00} \text{ cm}^4$$

A: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

Notas:

*: La esbeltez máxima admisible está basada en las Notas de Usuario de la sección E2.

Resistencia a compresión (Capítulo E)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_T : \underline{0.055} \quad \checkmark$$



$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 1.99 m del nudo N22, para la combinación de hipótesis $1.2 \cdot (PP+CM1) + 1.6 \cdot Q + 0.5 \cdot V(315^\circ - 0^\circ)H2$.

Donde:

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{10.222} \text{ t}$$

P_c : Resistencia de diseño a compresión

$$P_c : \underline{186.194} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

ϕ_p : Factor de resistencia a compresión, tomado como:

$$\phi_p : \underline{0.90}$$

P_n : Resistencia nominal a compresión, calculada según el

Artículo E7-1-2: $P_n = F_{cr} A$

$$P_n : \underline{206.882} \text{ t}$$

Para secciones con elementos esbeltos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E7-1-2).

A : Área bruta de la sección de la barra.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

F_{cr} : Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

$$F_{cr} : \underline{2093.95} \text{ kp/cm}^2$$

a) Cuando: $\frac{Q \cdot F_y}{F_e} \leq 2.25$

$$F_{cr} = Q \left[0.658 \frac{Q F_y}{F_e} \right] F_y$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

i) para secciones doblemente simétricas, F_e es el menor valor de:

$$F_e : \underline{5430.32} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

$$F_e : \underline{5430.32} \text{ kp/cm}^2$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

C_w : Constante de alabeo de la sección

$$C_w : \underline{791000.00} \text{ cm}^6$$

K_z : Factor de longitud efectiva de pandeo alrededor del eje Z

$$K_z : \underline{0.33}$$

L : Longitud de la barra

$$L : \underline{10198} \text{ mm}$$

G : Módulo de elasticidad transversal del acero

$$G : \underline{815494.39} \text{ kp/cm}^2$$

J : Momento de inercia a torsión uniforme

$$J : \underline{66.90} \text{ cm}^4$$

I_x : Momento de inercia respecto al eje X

$$I_x : \underline{33740.00} \text{ cm}^4$$

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

$$I_y : \underline{1676.00} \text{ cm}^4$$

F_e : Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

$$F_e : \underline{6608.52} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_{ex} : \underline{6608.52} \text{ kp/cm}^2$$



$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

F_{ey} : 208632.30 kp/cm²

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

E : 2038735.98 kp/cm²

K: Factor de longitud efectiva.

K_x : 1.00

K_y : 0.04

L: Longitud de la barra

L : 10198 mm

r: Radio de giro dominante

r_x : 18.48 cm

r_y : 4.12 cm

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde:

I: Momento de inercia

I_x : 33740.00 cm⁴

I_y : 1676.00 cm⁴

A: Área total de la sección transversal de la barra.

A : 98.80 cm²

$$Q = Q_s Q_a$$

Q : 1.00

3) para secciones formadas por elementos rigidizados y no rigidizados:

Q_s: se calcula de la siguiente forma:

Q_s : 1.00

a) para alas en pilares laminados u otras barras comprimidas que incluyan elementos no rigidizados

i) Cuando: $\frac{b}{t} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Q_s = 1.0

Q_s : 1.00

Donde:

b: Ancho del elemento comprimido no rigidizado

b : 95.00 mm

t: Espesor del ala

t : 14.60 mm

E: Módulo de elasticidad del acero

E : 2038735.98 kp/cm²

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

F_y : 2548.42 kp/cm²

$$Q_a = \frac{A_{eff}}{A}$$

Q_a : 1.00

Donde:

A: Área total de la sección transversal de la barra.

A : 98.80 cm²

A_{eff}: Suma de las áreas eficaces de la sección transversal basadas en el ancho eficaz reducido 'h_e'.

A_{eff} : 98.80 cm²

a) en elementos esbeltos uniformemente comprimidos, excepto alas de secciones cuadradas y rectangulares de espesor uniforme

ii) Cuando: $\frac{h}{t} < 1.49 \sqrt{\frac{E}{f}}$



$$h_e = h$$

$$h_e : \underline{420.80} \text{ mm}$$

Donde:

h: Ancho del elemento comprimido no rigidizado

$$h : \underline{420.80} \text{ mm}$$

t: Espesor del alma

$$t : \underline{9.40} \text{ mm}$$

E: Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

Resistencia a flexión eje X (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\eta_M : \underline{0.421} \quad \checkmark$$

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones $0.9 \cdot (PP+CM1) + V(0^\circ-45^\circ)H1$.

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \underline{39.889} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_c : Resistencia de diseño a flexión

$$M_c : \underline{94.659} \text{ t}\cdot\text{m}$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia a flexión

$$\phi_b : \underline{0.90}$$

M_n : La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 2, Sección 1

$$M_n : \underline{105.176} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida

$$M_r^+ : \underline{39.889} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_r^- : \underline{23.505} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_n^+ : Resistencia nominal a flexión positiva calculada con Artículo 2, Sección 1

$$M_n : \underline{105.176} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_n^- : Resistencia nominal a flexión negativa calculada con Artículo 2, Sección 2, División b

$$M_n : \underline{105.176} \text{ t}\cdot\text{m}$$

1. Fluencia

$$M_n : \underline{105.176} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

Z_x : Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$Z_x : \underline{4127.12} \text{ cm}^3$$

2. Pandeo lateral

Resistencia nominal a flexión calculada para momento flector positivo y los correspondientes valores de la sección.

a) Si $L_b \leq L_p$, el estado límite de pandeo lateral no es de aplicación



Donde:

L_b: Distancia entre puntos de arriostramiento al desplazamiento lateral del ala comprimida o de la torsión de la sección transversal

L_b : 1600 mm

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

L_p : 1938.15 mm

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

E : 2038735.98 kp/cm²

F_y: Límite elástico mínimo especificado

F_y : 2548.42 kp/cm²

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

r_y : 3.89 cm

Donde:

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y

I_y : 2513.40 cm⁴

A: Área total de la sección transversal de la barra.

A : 165.81 cm²

Resistencia nominal a flexión calculada para momento flector negativo y los correspondientes valores de la sección.

b) Si $L_p < L_b \leq L_r$:

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

M_n : 105.176 t·m

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado

F_y : 2548.42 kp/cm²

C_b: Factor de modificación del pandeo lateral tomado, de forma conservadora, como:

C_b : 1.70

$$M_p = F_y Z_x$$

M_p : 105.176 t·m

Donde:

Z_x: Módulo resistente plástico respecto al eje X

Z_x : 4127.12 cm³

$$S_x = \frac{I_x}{y}$$

S_x : 3545.43 cm³

Donde:

I_x: Momento de inercia respecto al eje X

I_x : 156411.83 cm⁴

y: Distancia a la fibra extrema en flexión

y : 441.16 mm

L_b: Distancia entre puntos de arriostramiento al desplazamiento lateral del ala comprimida o de la torsión de la sección transversal

L_b : 3399 mm

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

L_p : 1938.15 mm

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

E : 2038735.98 kp/cm²

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

r_y : 3.89 cm

Donde:

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y

I_y : 2513.40 cm⁴



A: Área total de la sección transversal de la barra.

A : 165.81 cm²

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7F_y S_x h_o}{E Jc} \right)^2}}$$

L_r : 6120.39 mm

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

E : 2038735.98 kp/cm²

J: Momento de inercia a torsión uniforme

J : 98.18 cm⁴

h_o: Distancia entre los baricentros de las alas

h_o : 432.33 mm

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$

r_{ts} : 50.11 mm

Donde:

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y

I_y : 2513.40 cm⁴

C_w: Constante de alabeo de la sección

C_w : 3152852.18 cm⁶

Para c:

i) para una sección doblemente simétrica en doble T:

c=1

c : 1.00

Resistencia a flexión eje Y (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

η_M : 0.031 ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en un punto situado a una distancia de 1.99 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.2 (PP+CM1)+SX.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

M_r : 0.198 t·m

M_c: Resistencia de diseño a flexión

M_c : 6.330 t·m

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión

φ_b : 0.90

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 6, Sección 1

M_n : 7.034 t·m

Donde:

M_r⁺: Resistencia a flexión requerida

M_r⁺ : 0.196 t·m

M_r⁻ : 0.198 t·m

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1.6 F_y S_y$$

M_n : 7.034 t·m



Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado **F_y** : 2548.42 kp/cm²
Z_y: Módulo resistente plástico respecto al eje Y **Z_y** : 276.00 cm³
S_y: Módulo resistente elástico respecto al eje Y

$$S_y = \frac{I_y}{x} \quad \mathbf{S_y} : \underline{176.42} \text{ cm}^3$$

Donde:

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y **I_y** : 1676.00 cm⁴
x: Distancia a la fibra extrema en flexión desde el baricentro **x** : 95.00 mm

2. Pandeo local del ala

a) Para secciones con alas compactas el estado límite de fluencia es de aplicación

Resistencia a corte X (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1 \quad \eta_v < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en un punto situado a una distancia de 1.99 m del nudo N22, para la combinación de hipótesis 1.2 (PP+CM1)+SX.

Donde:

V_r: Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD **V_r** : 0.035 t
V_c: Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n \quad \mathbf{V_c} : \underline{76.349} \text{ t}$$

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

φ_v: Factor de resistencia a cortante **φ_v** : 0.90
V_n: se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

Para secciones con simetría simple y doble cargadas en el eje débil, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-7).

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad \mathbf{V_n} : \underline{84.832} \text{ t}$$

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado **F_y** : 2548.42 kp/cm²

$$A_w = 2b_f t_f \quad \mathbf{A_w} : \underline{55.48} \text{ cm}^2$$

Donde:



b_f : Anchura total del ala	b_f : <u>190.00</u> mm
t_f : Espesor del ala	t_f : <u>14.60</u> mm

b) para todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

$$i) \frac{b}{t_f} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

b : La mitad del ancho total del ala	b : <u>95.00</u> mm
t_f : Espesor del ala	t_f : <u>14.60</u> mm
E : Módulo de elasticidad del acero	E : <u>2038735.98</u> kp/cm ²
K_v : Coeficiente de abolladura del alma	K_v : <u>1.20</u>

Resistencia a corte Y (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$$\eta_v : \underline{0.181} \quad \checkmark$$

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en un punto situado a una distancia de 2.00 m del nudo N22, para la combinación de hipótesis 0.9 (PP+CM1)+V(0°-45°)H1.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD	V_r : <u>11.686</u> t
---	-------------------------

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$V_c = \phi_v V_n$	V_c : <u>64.679</u> t
--------------------	-------------------------

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

En la Sección G2.1 a:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante	ϕ_v : <u>1.00</u>
---	------------------------

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

Para almas de secciones con simetría simple o doble y en U sometidas a cortante en el plano del alma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G2).

$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$	V_n : <u>64.679</u> t
-------------------------	-------------------------

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado	F_y : <u>2548.42</u> kp/cm ²
---	---

$$A_w : \underline{42.30} \text{ cm}^2$$

Dónde:

d: Canto total

$$d : \underline{450.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

1. Resistencia nominal a cortante

a) para almas de perfiles laminados de sección en doble T cuando se cumple:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

C_v: Coeficiente de cortante del alma

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

h: Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{420.80} \text{ mm}$$

E: Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

2. Comprobación de rigidizadores transversales

(a) si

No son necesarios rigidizadores transversales.

Donde:

h: Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{420.80} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

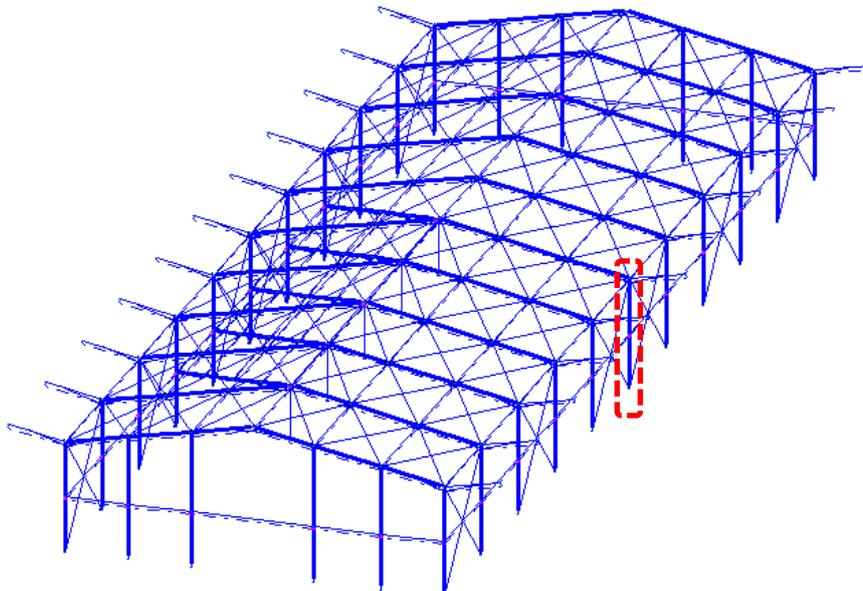
E: Módulo de elasticidad del acero

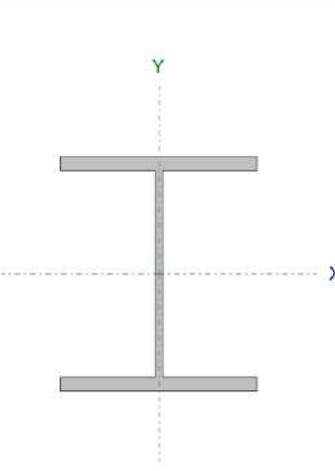
$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

F_y: Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

2.2. Diseño de columnas



Perfil: HE 360 B Material: Acero (A36)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N110	N2	3.000	180.60	43190.00	10140.00	292.50
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano ZX		Plano ZY		Ala sup.	Ala inf.
	β	1.67	0.78	1.00	1.00	
	L _k	4.998	2.335	3.000	3.000	
	C _b	-		2.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación para el momento crítico						

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$$\eta_T : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N2, para la combinación de hipótesis 0.9 (PP+CM1)+V (0°-45°)H1.

Dónde:

P_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{2.553} \text{ t}$$

P_c : Resistencia de diseño a tracción

$$P_c : \underline{414.220} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_t P_n$$

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

ϕ_t : Factor de resistencia a tracción, tomado como:

$$\phi_t : \underline{0.90}$$

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

$$P_n = F_y A (D2 - 1)$$

$$P_n : \underline{460.245} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección de la barra.

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

Limitación de esbeltez para compresión (Capítulo E)

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{67} \quad \checkmark$$

Donde:

λ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

λ : 67

Donde:

L: Longitud de la barra

L : 6000 mm

K: Factor de longitud efectiva.

K : 0.83

r_y: Radio de giro respecto al eje Y

r_y : 7.49 cm

Donde:

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

r_y : 7.49 cm

Donde:

I_y: Momento de inercia respecto al eje Y

I_y : 10140.00 cm⁴

A: Área total de la sección transversal de la barra.

A : 180.60 cm²

Notas:

*: La esbeltez máxima admisible está basada en las Notas de Usuario de la sección E2.

Resistencia a compresión (Capítulo E)

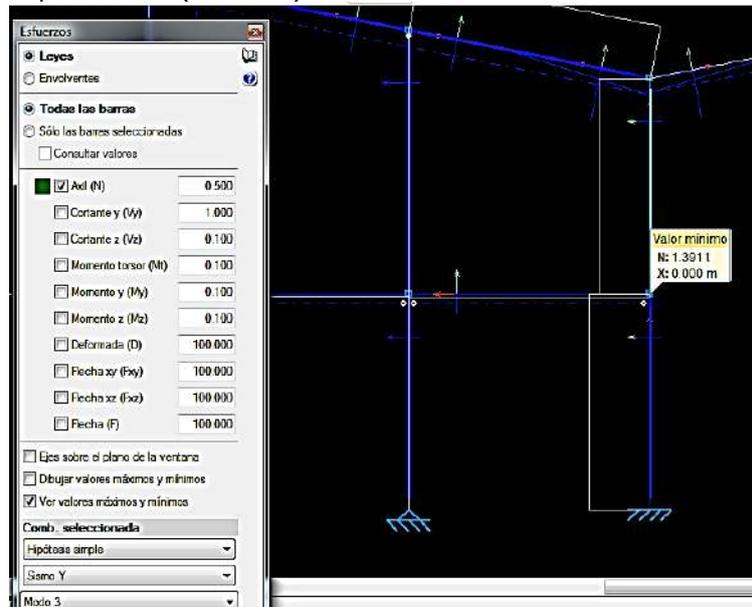
Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

η_T : 0.011 ✓

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N110, para la combinación de hipótesis 1.2 (PP+CM1)+SY.



Dónde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

P_r : 3.744 t

P_c: Resistencia de diseño a compresión

P_c : 327.202 t



$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

ϕ_p : Factor de resistencia a compresión, tomado como: $\phi_p : \underline{0.90}$
 P_n : Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-A: $P_n : \underline{363.558} \text{ t}$

$$P_n = F_{cr} A$$

Para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

Dónde:

A : Área bruta de la sección de la barra. $A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$
 F_{cr} : Tensión de pandeo por flexión, tomada como: $F_{cr} : \underline{2013.06} \text{ kp/cm}^2$

i) Cuando: $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras $F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$

F_e : Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de: $F_e : \underline{4523.13} \text{ kp/cm}^2$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2}$$

$F_{ex} : \underline{88238.74} \text{ kp/cm}^2$

$F_{ey} : \underline{4523.13} \text{ kp/cm}^2$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del acero $E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$

K : Factor de longitud efectiva. $K_x : \underline{0.39}$

$K_y : \underline{0.83}$

L : Longitud de la barra $L : \underline{6000} \text{ mm}$

r : Radio de giro dominante $r_x : \underline{15.46} \text{ cm}$

$r_y : \underline{7.49} \text{ cm}$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde:

I : Momento de inercia $I_x : \underline{43190.00} \text{ cm}^4$

$I_y : \underline{10140.00} \text{ cm}^4$

A : Área total de la sección transversal de la barra. $A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$

Resistencia a flexión eje X (Capítulo F)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$\eta_M : \underline{0.076}$ ✓



$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.2 (PP+CM1)+SY.

Dónde:

M_r : Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \underline{4.653} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_c : Resistencia de diseño a flexión

$$M_c : \underline{61.537} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia a flexión

$$\phi_b : \underline{0.90}$$

M_n : La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 2, Sección 1

$$M_n : \underline{68.374} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_r^+ : Resistencia a flexión requerida

$$M_r^+ : \underline{4.653} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_r^- : \underline{4.427} \text{ t}\cdot\text{m}$$

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$M_n : \underline{68.374} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

Z_x : Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$Z_x : \underline{2683.00} \text{ cm}^3$$

2. Pandeo lateral

a) Si $L_b \leq L_p$, el estado límite de pandeo lateral no es de aplicación

Donde:

L_b : Distancia entre puntos de arriostramiento al desplazamiento lateral del ala comprimida o de la torsión de la sección transversal

$$L_b : \underline{3000} \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p : \underline{3730.08} \text{ mm}$$

Donde:

E : Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$r_y : \underline{7.49} \text{ cm}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

$$I_y : \underline{10140.00} \text{ cm}^4$$

A : Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$



Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\eta_M : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.2 (PP+CM1)-SX.

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \underline{1.424} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_c : Resistencia de diseño a flexión

$$M_c : \underline{23.670} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia a flexión

$$\phi_b : \underline{0.90}$$

M_n : La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 6, Sección 1

$$M_n : \underline{26.300} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida

$$M_r^+ : \underline{1.424} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_r^- : \underline{1.089} \text{ t}\cdot\text{m}$$

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1.6 F_y S_y$$

$$M_n : \underline{26.300} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

Z_y : Módulo resistente plástico respecto al eje Y

$$Z_y : \underline{1032.00} \text{ cm}^3$$

S_y : Módulo resistente elástico respecto al eje Y

$$S_y = \frac{I_y}{x}$$

$$S_y : \underline{676.00} \text{ cm}^3$$

Donde:

I_y : Momento de inercia respecto al eje Y

$$I_y : \underline{10140.00} \text{ cm}^4$$

x : Distancia a la fibra extrema en flexión desde el baricentro

$$x : \underline{150.00} \text{ mm}$$

2. Pandeo local del ala

a) Para secciones con alas compactas el estado límite de fluencia es de aplicación

Resistencia a corte X (Capítulo G)

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_v : \underline{0.006} \quad \checkmark$$



$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en el nudo N2, para la combinación de hipótesis $0.9 \cdot PP + 0.9 \cdot CM1 + V(135^\circ - 180^\circ)H1$.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$V_r : \underline{1.047} \text{ t}$$

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$V_c : \underline{185.780} \text{ t}$$

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Dónde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

Para secciones con simetría simple y doble cargadas en el eje débil, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-7).

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

$$V_n : \underline{206.422} \text{ t}$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$A_w = 2b_f t_f$$

$$A_w : \underline{135.00} \text{ cm}^2$$

Donde:

b_f : Anchura total del ala

$$b_f : \underline{300.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala

$$t_f : \underline{22.50} \text{ mm}$$

b) para todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

$$i) \frac{b}{t_f} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

b : La mitad del ancho total del ala

$$b : \underline{150.00} \text{ mm}$$

t_f : Espesor del ala

$$t_f : \underline{22.50} \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

K_v : Coeficiente de abolladura del alma

$$K_v : \underline{1.20}$$



Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$$\eta_v : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en el nudo N2, para la combinación de hipótesis 0.9 (PP+CM1)+V(90°-135°)H1.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$V_r : \underline{2.353} \text{ t}$$

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$V_c : \underline{68.807} \text{ t}$$

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Dónde:

En la Sección G2.1 a:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{1.00}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

Para almas de secciones con simetría simple o doble y en U sometidas a cortante en el plano del alma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G2).

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

$$V_n : \underline{68.807} \text{ t}$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$A_w = d t_w$$

$$A_w : \underline{45.00} \text{ cm}^2$$

Donde:

d : Canto total

$$d : \underline{360.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma

$$t_w : \underline{12.50} \text{ mm}$$

1. Resistencia nominal a cortante

a) para almas de perfiles laminados de sección en doble T cuando se cumple:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

C_v : Coeficiente de cortante del alma

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{315.00} \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

2. Comprobación de rigidizadores transversales

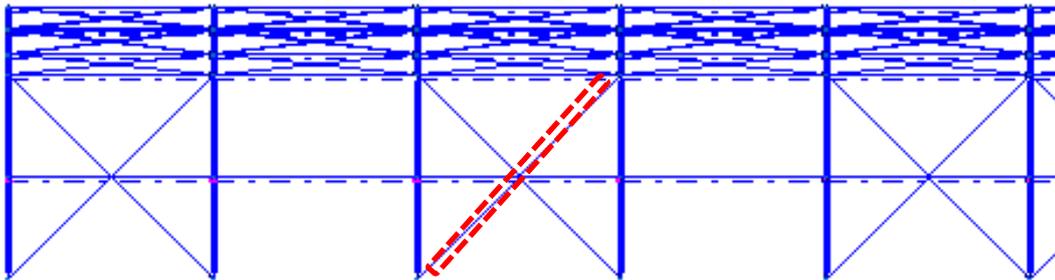
$$(a) \text{ si } \frac{h}{t_w} \leq 2.46 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

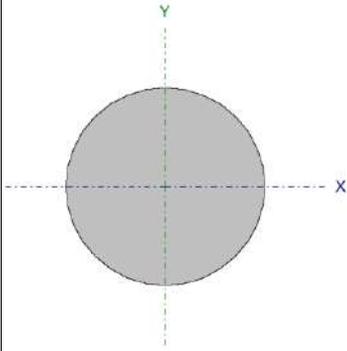
No son necesarios rigidizadores transversales.

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo	h :	<u>315.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma	t_w :	<u>12.50</u>	mm
E : Módulo de elasticidad del acero	E :	<u>2038735.98</u>	kp/cm ²
F_y : Límite elástico mínimo especificado	F_y :	<u>2548.42</u>	kp/cm ²

2.3. Diseño de arriostre (laterales)



Perfil: R 12		Material: Acero (A36)					
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N21	N27	8.485	1.13	0.10	0.10	0.20	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.00	0.00	0.00	0.00		
	L _k	0.000	0.000	0.000	0.000		
	C _b	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación para el momento crítico							

Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$$\eta_T : \underline{0.428} \quad \checkmark$$

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2 (PP+CM1)+SX.

Dónde:

P_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD	P_r :	<u>1.110</u>	t
P_c : Resistencia de diseño a tracción	P_c :	<u>2.594</u>	t

$$P_c = \phi_t P_n$$

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

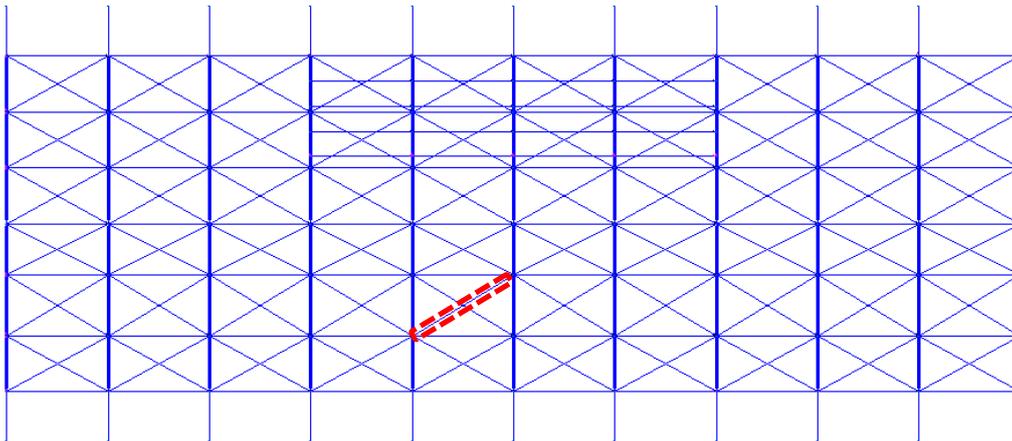
ϕ_t : Factor de resistencia a tracción, tomado como: $\phi_t : 0.90$
a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

$$P_n = F_y A \quad (D2 - 1) \quad P_n : 2.882 \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra. **A** : 1.13 cm^2
F_y: Límite elástico mínimo especificado **F_y** : 2548.42 kp/cm^2

2.4. Diseño de tensores (techo)



Perfil: R 16		Material: Acero (A36)					
Nodos	Longitud (m)	Características mecánicas					
		Área (cm ²)	I _x ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
Inicial	Final						
N61	N73	7.028	2.01	0.32	0.32	0.64	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano ZX	Plano ZY	Ala sup.	Ala inf.		
β		0.00	0.00	0.00	0.00		
L _k		0.000	0.000	0.000	0.000		
C _b		-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _b : Factor de modificación para el momento crítico							



Resistencia a tracción (Capítulo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$$\eta_T : \underline{0.216} \quad \checkmark$$

El axil de tracción solicitante de cálculo pésimo P_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2 (PP+CM1)+SX.

Donde:

P_r : Resistencia a tracción requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{0.996} \text{ t}$$

P_c : Resistencia de diseño a tracción

$$P_c : \underline{4.612} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_t P_n$$

La resistencia de diseño a tracción es el menor valor de los obtenidos según el estado límite de fluencia a tracción de la sección bruta y el de rotura a tracción de la sección neta

Donde:

ϕ_t : Factor de resistencia a tracción, tomado como:

$$\phi_t : \underline{0.90}$$

a) Para fluencia bajo tracción en la sección bruta:

$$P_n = F_y A (D2 - 1)$$

$$P_n : \underline{5.124} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección de la barra.

$$A : \underline{2.01} \text{ cm}^2$$

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

DISEÑO POR SISMO

1. MODELO ESTRUCTURAL:

Las consideraciones tomadas para el modelamiento estructural fueron:

- Se definieron los materiales como el acero estructural A572Gr.50, A992Gr.50 y A36, con sus respectivas propiedades de esfuerzo de fluencia, módulo de elasticidad, peso por unidad de volumen, módulo de Poisson, entre otros.
- Se definieron los casos de carga como carga muerta, carga viva de techo (sobrecarga), y cargas de viento en las dos direcciones de análisis de la nave industrial.
- Se definieron las cargas de sismo con los parámetros que se exige en la norma E030.

2. ANALISIS SISMICO

En esta sección se presenta el análisis sísmico según los requerimientos de la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente, dichos parámetros se definieron para cada una de las direcciones X-X e Y-Y.

3. PARAMETROS SISMICOS:

a. Factor de zona.

La terminal de pasajeros del aeropuerto de Chimbote será diseñada como una nave industrial y se encuentra en la ciudad de Nuevo Chimbote, por lo tanto, según se presenta en el mapa de Zonificación Sísmica y la Tabla de Factores de Zona, la estructura se encuentra en la zona 4, con un factor $Z= 0.45$.

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.15

ZONAS SISMICAS



b. Factor de Suelo.

Según las tablas, para un tipo de suelo INTERMEDIO según el artículo 6.2 Condiciones Geotécnicas, se clasifica en el perfil S3.

Tabla FACTORES DE SUELO "S"				
SUELO \ ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Tabla PERIODOS "T _P " y "T _L "				
	Perfil de Suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _P (S)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (S)	3.0	2.5	2.0	1.6

Factor de suelo S_3

$$S=1.10$$

Periodo Fundamental del suelo T_p y T_L

$$T_p = 1.00$$

$$T_L = 1.60$$

c. Factor de Uso

La estructura del terminal de pasajeros del Aeropuerto entra en la clasificación de A2, se clasifica como Categoría A de edificación Esencial según la tabla N° 5 de la Norma E-030, $U= 1.5$.

Tabla CATEGORIA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORIA	DESCRIPCION	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver Nota
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. -Puertos, aeropuertos, locales municipales, Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. -Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas.	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree	1.1

	peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	
--	---	--

d. Factor de amplificación sísmica.

De acuerdo a las características de sitio se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$T < T_p ; C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L ; C = 2,5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L ; C = 2,5 \left(\frac{T_p T_L}{T^2} \right)$$

e. Coeficientes de Reducción

Según la clasificación que se haga de una edificación se usara un coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R). La nave industrial al tratarse de una edificación de estructuras metálicas entra en la clasificación de pórticos especiales resistentes a momentos (SMF) que considera un valor de:

$$R_x=8 \text{ y } R_y = 8$$

Tabla SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción (R_o)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (Por esfuerzos Admisibles)	7

4. ESPECTROS DE PSEUDOACELERACIONES:

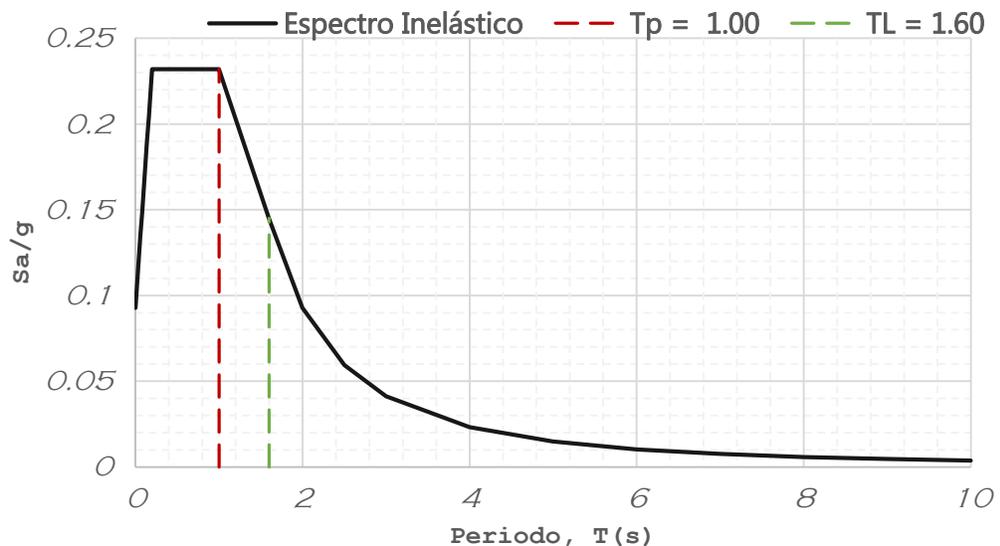
Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se usará el espectro inelástico de pseudo - aceleraciones definido por:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

TABLA: Parámetros De Diseño Sísmico

Factor de Zona	Z	0.45	Zona 4
Factor de Uso	U	1.5	Esencial
Factor de suelo	S	1.1	Suelo Intermedio
	Tp	1.0	
	TI	1.6	
Periodo fundamental del suelo	Tp	1	
Factor de amplificación sísmica	C	2.5	
Coeficiente de Reducción	Rx	8	Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)
	Ry		

Los valores definidos para el espectro serán:



5. ANALISIS SÍSMICO

A continuación, se presenta el análisis sísmico realizado al terminal de pasajeros del Aeropuerto de Nuevo Chimbote:

a. MODELAMIENTO SÍSMICO:

Para el presente informe de tesis se empleó el software CYPE 3D v2017.m. Este es un software que emplea un análisis matricial de elementos finitos para realizar comprobaciones en estado elástico y dinámico de las estructuras. Emplea como parámetros de entrada el espectro de diseño de la acción sísmica, la ductilidad de la estructura, coeficiente de reducción sísmica, coeficiente de irregularidad en planta y en altura, para tenerlo en consideración al momento de realizar los resultados del modelado.

A continuación, se presentan vistas del modelamiento estructural considerando las propiedades de los materiales para el análisis sísmico.

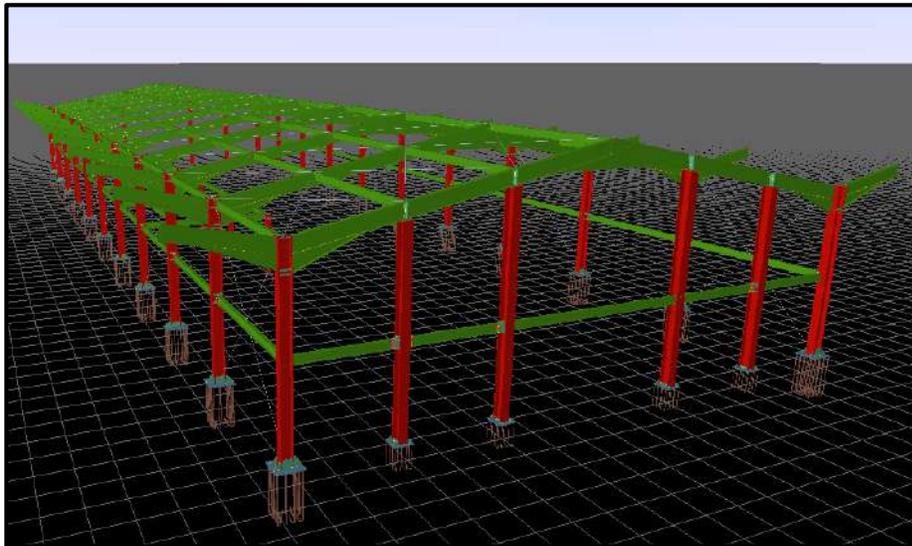


Imagen: Vista general del modelo del terminal de pasajeros

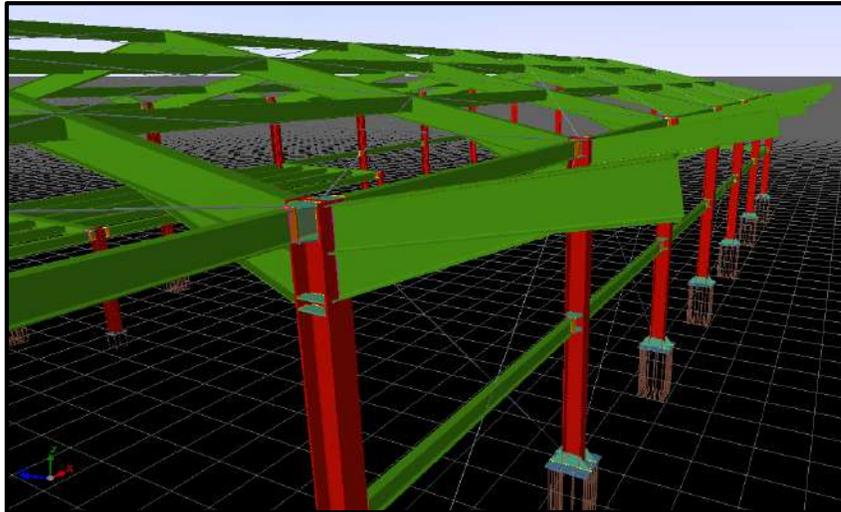


Imagen: Vista de cerca del modelo del terminal de pasajeros

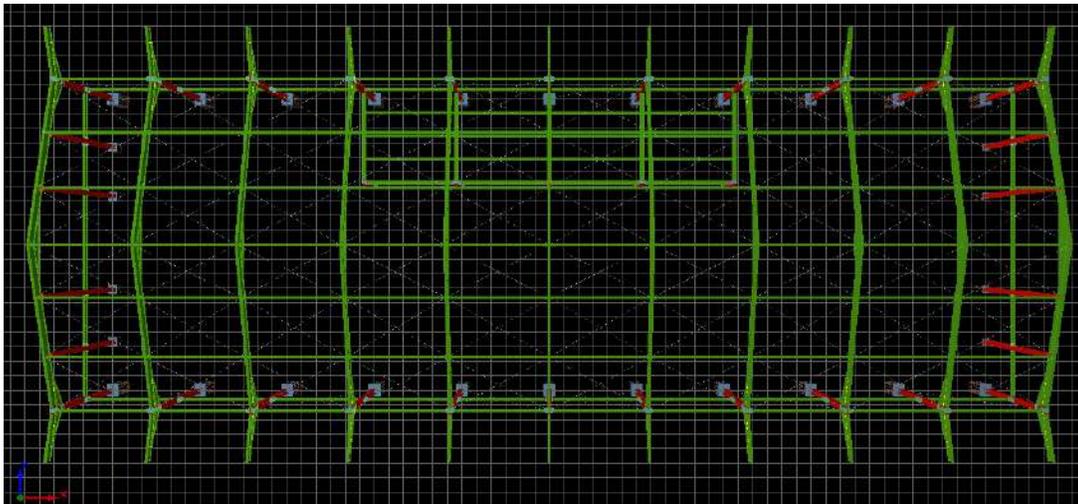


Imagen: Vista de cubierta del modelo del terminal de pasajeros

b. MODOS DE VIBRACIÓN

En cada dirección se consideran aquellos modos de vibración cuya suma de masas efectivas sea por lo menos 90% de la masa de la estructura.

A continuación se muestran los periodos de los cuatro (4) modos de vibración y sus respectivas masas participativas.

Modo	T	L_x	L_y	M_x	M_y
Modo 1	0.561	1	0.001	89.84 %	0 %
Modo 2	0.441	0.9999	0.016	2.94 %	0 %
Modo 3	0.336	0.0006	1	0 %	92.66 %
Modo 4	0.305	0.8852	0.4652	0 %	0 %
Total				92.78 %	92.66 %

Tabla: Periodo y masas de participación

Como se puede mostrar en la tabla presentada, la suma de las masas efectivas en los tres (03) primeros modos de vibración son mayores al 90% de la masa total de la estructura, cumpliendo con lo especificado en la Norma E.030.

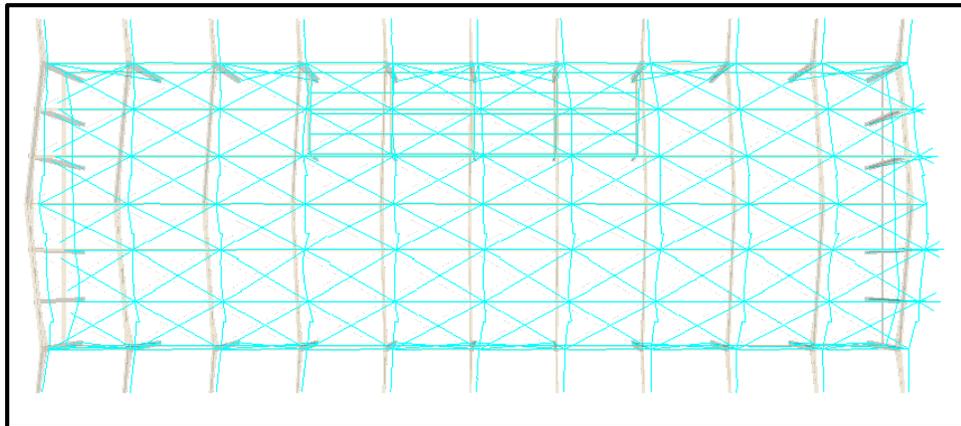


Imagen: Vista del modelo en su primer modo de vibración (eje X)

Imagen: Desplazamientos de la estructura en eje X

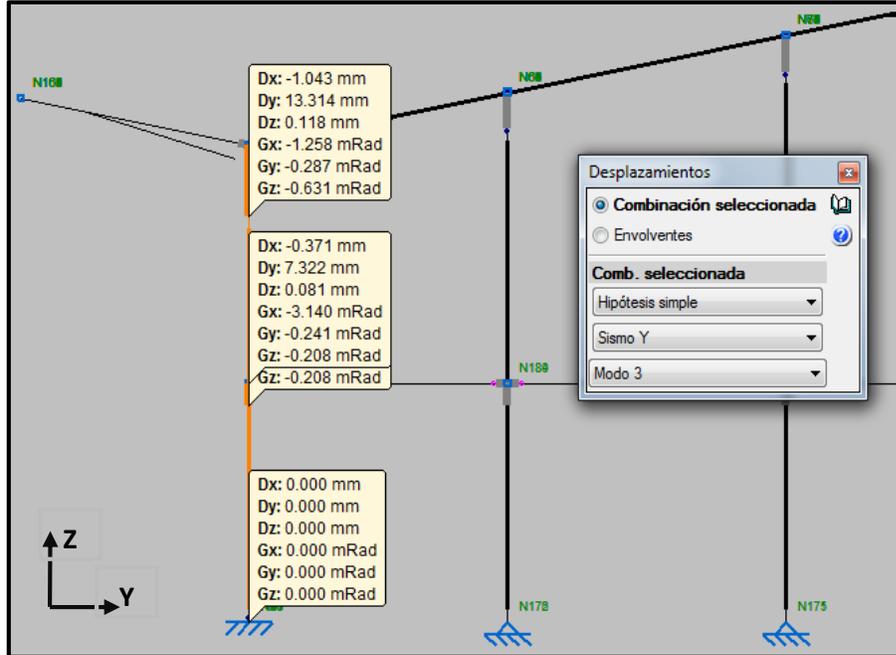


Imagen: Desplazamientos de la estructura en eje Y

Tabla: Control de Derivas Inelásticas

MODO DE VIBRACIÓN	Nivel (m)	Δ_i (mm)	(0.75)R	$\Delta_i * R$ (mm)	$\Delta_i - (\Delta_{i-1})$ (mm)	h (mm)	$[\Delta_i - (\Delta_{i-1})] / h$	VERIFICACION (E.030)
Modo 1 X	6.00	3.482	6	20.89	10.03	3000	0.0033	< 0.01; OK
	3.00	1.810	6	10.86	10.86	3000	0.0036	< 0.01; OK
Modo 3 Y	6.00	2.219	6	13.31	5.99	3000	0.0020	< 0.01; OK
	3.00	1.220	6	7.32	7.32	3000	0.0024	< 0.01; OK

Se presentan los desplazamientos obtenidos en cada uno de los modos más representativos (con mayor masa desplazada en su eje) de la estructura diseñada. En este caso se tomaron el modo 1 y modo 3 para las solicitaciones sísmicas en el eje X e Y respectivamente. Cabe mencionar que los desplazamientos obtenidos a través del modelo computacional ya están multiplicados por las solicitaciones sísmicas reducidas (0.75R) y verificados conforme se especifica en la Norma E.030. Diseño Sismorresistente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

DISEÑO DE LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

1. ANTECEDENTES

El diseño de pavimentos para aeropuerto es un problema complejo de ingeniería que involucra una gran cantidad de variables interactuantes. Los métodos desarrollados para el diseño de aeropistas se han logrado desligar de AASHTO, como reglamento de uso general, es así que podemos encontrar métodos como:

- Método FAA
- Método del cuerpo de ingenieros de los EEUU
- Método del Departamento de Transporte Canadiense
- Método del Instituto del Asfalto
- Método del PCA

El método a utilizar será el diseño estructural descrito por la FAA, que consiste en determinar tanto el espesor total del pavimento y el grosor de las partes componentes del pavimento.

Hay una serie de factores que influyen en el espesor del pavimento requerido por FAA para proporcionar un servicio satisfactorio, estos incluyen: La magnitud de las cargas de la aeronave a ser soportadas, el volumen de tráfico, tipo de tren de aterrizaje, la concentración de tráfico en ciertas áreas, estudio de la calidad del suelo y de los materiales que comprenden la estructura del pavimento.

2. MÉTODOS

Para el cálculo de la estructura del pavimento se optó por utilizar el método descrito por la FAA 95 (Federal Aviation Administration) en su capítulo 3, "Diseño de pavimentos - aeronaves de más de 3000 libras (13608 kg)" Sección 2 "Diseño de Pavimentos Flexibles"

Este método utiliza ábacos los cuales proporcionaran los espesores para las capas de la estructura de pavimento estas graficas requieren de tres datos esenciales.

- Ensayo CBR.
- El peso bruto de la aeronave de diseño y el tipo de tren de aterrizaje.
- Salidas anuales equivalentes de la aeronave de diseño.

Además, FAA presenta curvas de diseño de pavimento flexible presentadas en el capítulo mencionado basadas en el Método de diseño de California Bearing Ratio (CBR).

El método de diseño CBR es básicamente empírico; sin embargo, mucho de la investigación se ha realizado con el método y se han desarrollado correlaciones confiables.

Las configuraciones tipos de tren de aterrizaje son relacionados usando conceptos teóricos, así como datos desarrollados empíricamente.

Las curvas de diseño proporcionan el total requerido espesor del pavimento flexible (superficie, base y subbase) necesario para soportar un peso dado de aeronave. Las curvas también muestran el espesor de superficie requerido. Los grosores mínimos del curso base se dan en un Mesa separada.

3. VARIABLES DE DISEÑO

i) ESTUDIO DE TRAFICO

Tabla 3.1 Tipo y peso de aeronave por compañía.

COMPAÑÍA	MARCA Y MODELO DE AERONAVE		PESO DESPEGUE (Kg)
AEROCAT	PIPER	PA31	2,948.00
AEROLINEAS VIVE	BEECHCRAFT	B200	5,670.00
ATSA	ASTRA	ASTR	10,700.00
EJERCITO	MIL	MI17	13,000.00
ESC. JUAN BIELOBUCIC	CESSNA	C152	757.00
FAP	ALENIA	C27J	31,800.00
GLOBAL MAPPING	PIPER	PA31	2,948.00
HELIGHT	EUROCOPTER	AS350	2,250.00
LC - PERU	BOMBARDIER	DH8B	16,465.00
MASTER SKY	PIPER	PA34	2,155.00
NAVAL	ANTONOV	AN32	27,000.00
PNP	EUROCOPTER	EC145	3,585.00
PROFAIR	PIPER	PA28	975.00
TRANSPORTE AS LTDA	CESSNA	C525	4,808.00

Tabla 3.2 Total de operaciones por compañía 2016.

COMPAÑÍA	MARCA Y MODELO DE AERONAVE		NRO OPERACIONES
AEROCAT	PIPER	PA31	2
AEROLINEAS VIVE	BEECHCRAFT	B200	1
ATSA	ASTRA	ASTR	1
EJERCITO	MIL	MI17	2
ESC. JUAN BIELOBUCIC	CESSNA	C152	102
FAP	ALENIA	C27J	2
GLOBAL MAPPING	PIPER	PA31	1
HELIGLIGHT	EUROCOPTER	AS350	1
LC - PERU	BOMBARDIER	DH8B	1
MASTER SKY	PIPER	PA34	2
NAVAL	ANTONOV	AN32	16
PNP	EUROCOPTER	EC145	1
PROFAIR	PIPER	PA28	3
TRANSPORTE AS LTDA	CESSNA	C525	1

Aplicando la metodología propuesta por la FAA para el diseño de aeropistas se seleccionarán las naves de peso de despegue más crítico, según la tabla 3.1, la aeronave ALENIA C27J cumple esta consideración con un peso de 31,800 kg.

NUMERO DE SALIDAS ANUALES PROMEDIOS:

COMPAÑÍA	SALIDAS ANUALES PROMEDIO 2016	SALIDAS PROMEDIO (2016 - 2036)
AEROCAT	2	18.67
AEROLINEAS VIVE	1	9.33
ATSA	1	9.33
EJERCITO	2	9.33
ESC. JUAN BIELOBUCIC	102	952.11
FAP	2	18.67
GLOBAL MAPPING	1	9.33
HELIGLIGHT	1	9.33
LC - PERU	1	9.33
MASTER SKY	2	18.67
NAVAL	16	149.35
PNP	1	9.33
PROFAIR	3	28
TRANSPORTE AS LTDA	1	9.33

ii) ESTUDIO DE SUELOS

Para el cálculo de las características del suelo se usaron los ensayos de Proctor Modificado (A) y el ensayo CBR.

RESUMEN DE DATOS

Resultados de ensayos realizados a la subrasante.

ENSAYOS PARA LA SUBRASANTE	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP
PORCENTAJE QUE PASA MALLA N 200	0.50%

Datos de las características del terreno.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
DENSIDAD SECA	1.749
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	10.10%

Los datos del ensayo CBR determinaron un valor de 14.20 % para la subrasante.

iii) ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO

Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica Buena Vista, la más cercana al punto de estudio



AÑO	Ene.	Feb.	Marz.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
2016	0.60	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0.00	0.00	1.90	0.60	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
2018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
2019	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prom(mm)	0.60	0.70	1.90	1.70	0.10	0.30	0.50	0.80	0.00	0.70	0.20	0.40

Precipitación promedio mensual máxima en 24 horas, correspondiente a la estación Buena Vista.

iv) ESTUDIO DE CANTERAS.

Según la investigación de campo realizada, se ubico un numero de canteras más cercanas y se estableció que la cantera Samanco cumple con los requerimientos adecuados y suficientes para la extracción del material.

CANTERA: SAMANCO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Datos de muestra

Obra : Propuesta de Diseño para el Pavimento del Aeropuerto Nuevo Chimbote
Muestra : M1
Cantera : SAMANCO 1
Fecha : dic-2019

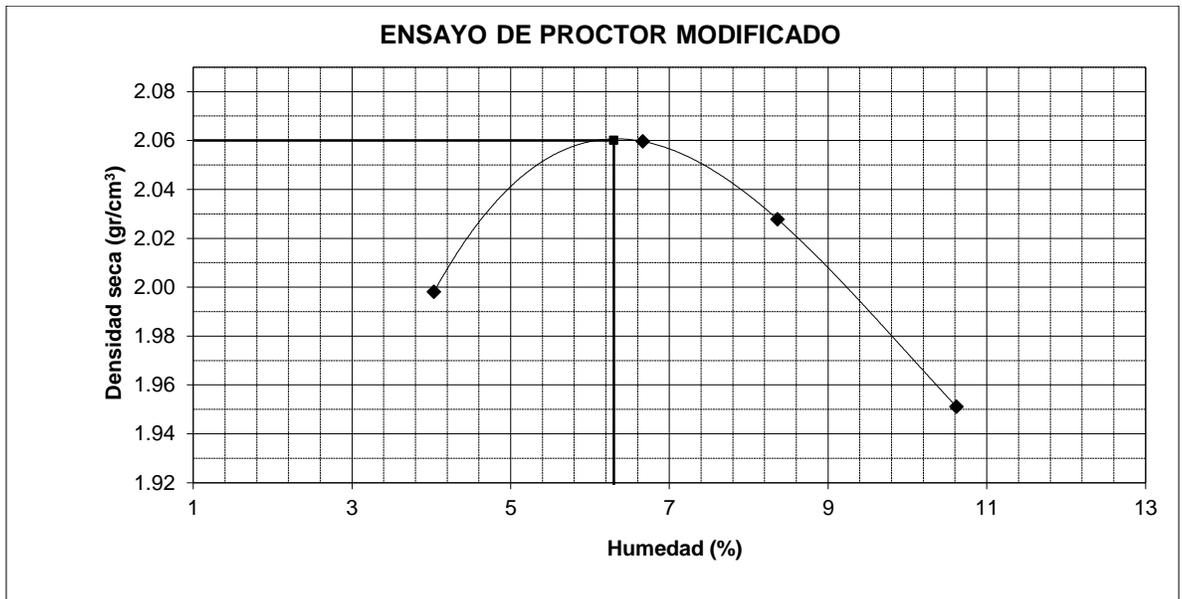
Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Humedad teorica	5%	7%	9%	11%
Peso suelo + molde (gr.)	7419.00	7688.00	7689.00	7600.00
Peso molde (gr.)	2690.00	2690.00	2690.00	2690.00
Peso suelo compactado (gr.)	4729	4998	4999	4910
Volumen del molde (cm ³)	2275.00	2275.00	2275.00	2275.00
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.079	2.197	2.197	2.158

Humedad (%)

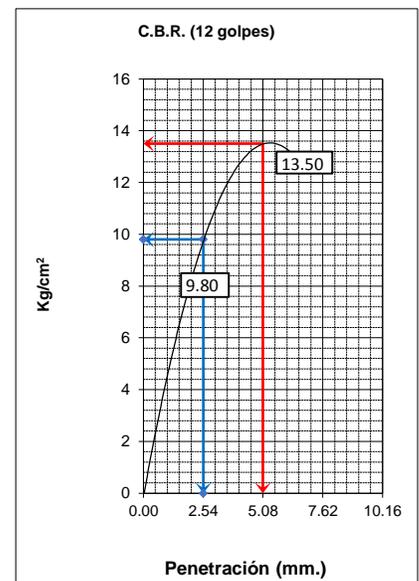
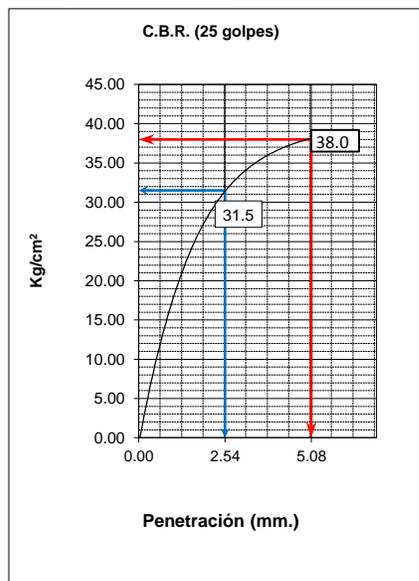
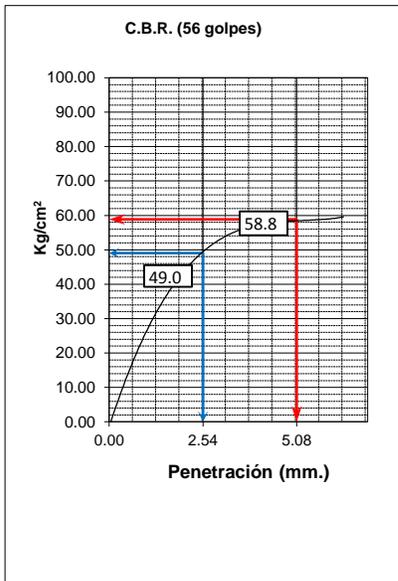
Tara N°				
Tara + suelo húmedo (gr.)	691.00	640.00	644.70	604.20
Tara + suelo seco (gr.)	672.40	611.00	610.80	560.10
Peso de agua (gr.)	18.60	29.00	33.90	44.10
Peso de tara (gr.)	211.30	175.90	205.50	144.80
Peso de suelo seco (gr.)	461.10	435.10	405.30	415.30
Humedad (%)	4.0	6.7	8.4	10.6
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.998	2.060	2.028	1.951

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : **2.060**
 Optimo Contenido de Humedad (%) : **6.3**

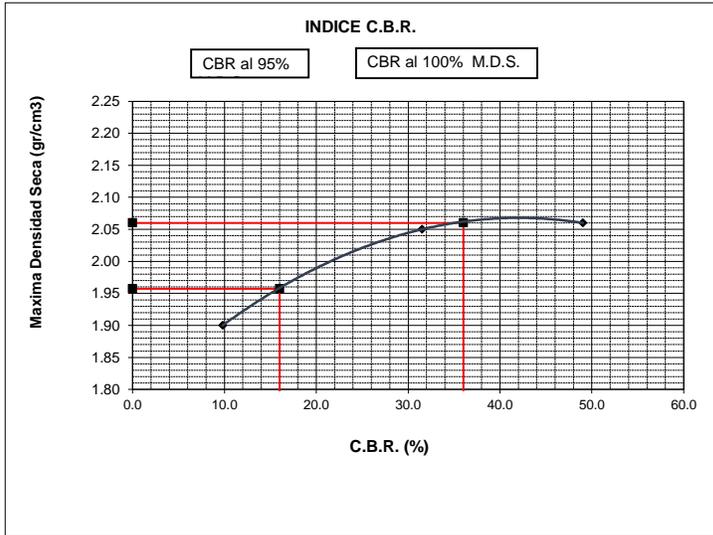


ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 2.060
 Optimo Contenido de Humedad (%) : 6.3



DETERMINACION DE CBR.



100% DE M.D.S. : 2.060

95% DE M.D.S. : 1.957

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 36.0 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 16.0 %

4. DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.

Los datos necesarios de las aeronaves son: tipo de tren de aterrizaje, su disposición, salidas promedio anuales y el peso bruto de aeronave.

COMPAÑÍA	MARCA Y MODELO DE AERONAVE		PESO DESPEGUE (Kg)	TREN DE ATERRIZAJE
AEROCAT	PIPER	PA31	2,948.00	SINGLE
AEROLINEAS VIVE	BEECHCRAFT	B200	5,670.00	SINGLE
ATSA	ASTRA	ASTR	10,700.00	SINGLE
EJERCITO	MIL	MI17	13,000.00	SINGLE
ESC. JUAN BIELOBUCIC	CESSNA	C152	757.00	SINGLE
FAP	ALENIA	C27J	31,800.00	DUAL
GLOBAL MAPPING	PIPER	PA31	2,948.00	SINGLE
HELIGLIGHT	EUROCOPTER	AS350	2,250.00	SINGLE
LC - PERU	BOMBARDIER	DH8B	16,465.00	DUAL
MASTER SKY	PIPER	PA34	2,155.00	SINGLE
NAVAL	ANTONOV	AN32	27,000.00	DUAL
PNP	EUROCOPTER	EC145	3,585.00	SINGLE
PROFAIR	PIPER	PA28	975.00	SINGLE
TRANSPORTE AS LTDA	CESSNA	C525	4,808.00	SINGLE

COMPAÑÍA	SALIDAS ANUALES PROMEDIO 2016	SALIDAS PROMEDIO (2016 - 2036)
AEROCAT	2	18.67
AEROLINEAS VIVE	1	9.33
ATSA	1	9.33
EJERCITO	2	9.33
ESC. JUAN BIELOBUCIC	102	952.11
FAP	2	18.67
GLOBAL MAPPING	1	9.33
HELIGLIGHT	1	9.33
LC - PERU	1	9.33
MASTER SKY	2	18.67
NAVAL	16	149.35
PNP	1	9.33
PROFAIR	3	28
TRANSPORTE AS LTDA	1	9.33

SALIDAS ANUALES EQUIVALENTES EN FUNCION DE LA AERONAVE DE CÁLCULO

Para convertir las salidas anuales en función de la aeronave de cálculo es necesario el uso de la siguiente tabla:

Convertir de:	A:	Multiplicar salidas por:
Single Wheel	Dual Wheel	0.8
Single Wheel	Dual Tándem	0.5
Dual Wheel	Dual Tándem	0.6
Double dual tándem	Dual Tándem	1.0
Dual tándem	single Wheel	2.0
Dual tándem	dual Wheel	1.7
Dual Wheel	single Wheel	1.3
Double dual tándem	dual Wheel	1.7

Salidas anuales promedio afectadas por el factor de conversión.

MARCA Y MODELO DE AERONAVE		TREN DE ATERRIZAJE	SALIDAS PROMEDIO (2016 - 2036)	SALIDAS CON TREN DE AERONAVE DE CALCULO R2
PIPER	PA31	SINGLE	18.67	14.936
BEECHCRAFT	B200	SINGLE	9.33	7.464
ASTRA	ASTR	SINGLE	9.33	7.464
MIL	MI17	SINGLE	9.33	7.464

CESSNA	C152	SINGLE	952.11	761.688
ALENIA	C27J	DUAL	18.67	18.67
PIPER	PA31	SINGLE	9.33	7.464
EUROCOPTER	AS350	SINGLE	9.33	7.464
BOMBARDIER	DH8B	DUAL	9.33	9.33
PIPER	PA34	SINGLE	18.67	14.936
ANTONOV	AN32	DUAL	149.35	149.35
EUROCOPTER	EC145	SINGLE	9.33	7.464
PIPER	PA28	SINGLE	28	22.4
CESSNA	C525	SINGLE	9.33	7.464

AERONAVE DE CÁLCULO:

Cada tipo de aeronave debe estar clasificada según su configuración de tren de aterrizaje que posea, se estableció el uso de la aeronave ALENIA C27J y un rango de vida útil de 20 años, en la siguiente imagen se muestra las características de la aeronave.

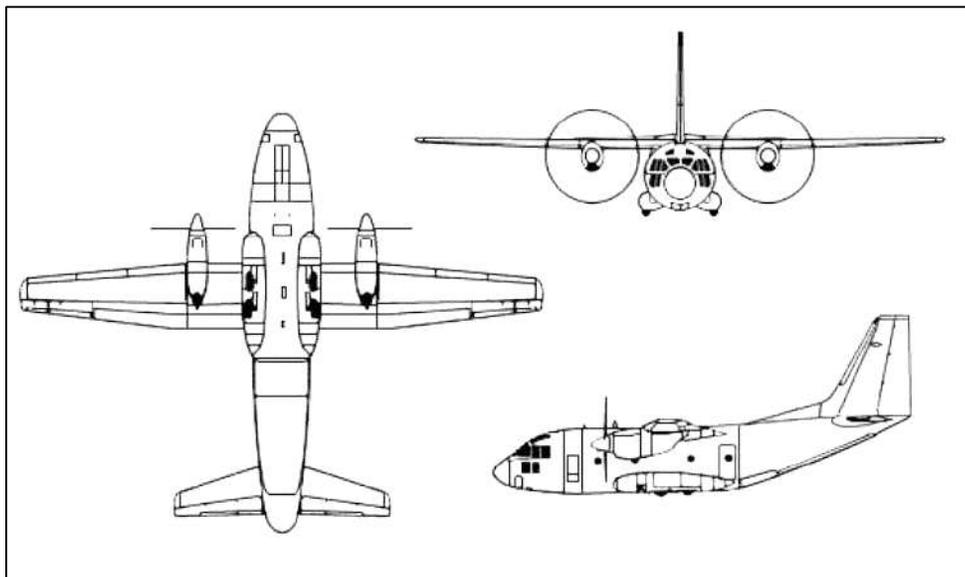


Tabla 3.3 Especificaciones técnicas de aeronave C-27J Spartan.

Especificaciones Técnicas	
NOMBRE	C-27J Spartan
MTWO	31,800 kg (70,107 lb)
CARGA MAXIMA	11,100 kg (24,471 lb)
ANCHO	28,70 m
LARGO	22,70 m
TREN DE ATERRIZAJE	Tren doble (D)

MTWO: El peso máximo al despegue (Peso en vacío de la aeronave + 100% de carga útil + 100% de combustible)

Posteriormente se debe calcular el peso para cada uno de los aviones en cada rueda de su tren principal, el peso soportado es del 95% del peso de despegue, la aeronave C-27J consta de un tren de aterrizaje doble, conformada por 4 llantas sobre las cuales se distribuirá el peso de 31,800 kg, cada rueda soportará 7950 kg (17,526.75 lb).

Por último, se hará la conversión de salidas anuales equivalentes de la aeronave de cálculo, usando la siguiente fórmula:

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^2$$

Donde:

R_1 = Salidas anuales equivalentes del avión de diseño.

R_2 = Salidas con el tren de la aeronave de cálculo.

W_1 = Carga por rueda del avión de cálculo.

W_2 = Carga por rueda de los aviones.

MARCA Y MODELO DE AERONAVE		PESO DESPEGUE (Kg)	SALIDAS CON TREN DE AERONAVE DE CALCULO R2	CARGA POR LLANTA (Kg)	SALIDAS ANUALES EQUIV. DEL AVION DE DISEÑO
PIPER	PA31	2,948.00	14.936	1,400.30	1.097
BEECHCRAFT	B200	5,670.00	7.464	2,693.25	1.291
ASTRA	ASTR	10,700.00	7.464	5,082.50	2.485
MIL	MI17	13,000.00	7.464	6,175.00	3.833
CESSNA	C152	757.00	761.688	359.58	1.015
ALENIA	C27J	31,800.00	18.67	7,552.50	18.670
PIPER	PA31	2,948.00	7.464	1,400.30	1.072
EUROCOPTER	AS350	2,250.00	7.464	1,068.75	1.041
BOMBARDIER	DH8B	16,465.00	9.33	3,910.44	1.820
PIPER	PA34	2,155.00	14.936	1,023.63	1.051
ANTONOV	AN32	27,000.00	149.35	6,412.50	36.930
EUROCOPTER	EC145	3,585.00	7.464	1,702.88	1.108
PIPER	PA28	975.00	22.4	463.13	1.012
CESSNA	C525	4,808.00	7.464	2,283.80	1.202

CALCULO DE ESPESOR DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO

El diseño de la pista de aterrizaje se calculará tomando en cuenta la zona crítica, en estas zonas los espesores de base y subbase se calculan empleando tablas que correspondan a la aeronave de diseño o con similares características y para la capa asfáltica, se utilizara la aeronave de mayor peso bruto.

DATOS PARA LA ZONA CRITICA DEL PAVIMENTO:

- Avión de diseño: C-27J Spartan
- Avión de mayor peso bruto: C-27J Spartan
- Peso bruto del avión de diseño: 31,800 kg
- Número total de salidas equivalentes: 73.626
- CBR de la subrasante: 14.20 %
- CBR de la subbase: 38.00 % (Ver anexos)
- CBR de la base:

Realizando un análisis de los datos, para el uso de los nomogramas se observó que las salidas equivalente anuales a la nave de diseño C-27J SPARTAN eran 75 aproximadamente, y los valores que consideran las tablas son de 1200 a 25000 salidas máximas; los valores calculados coinciden con el uso actual del Aeropuerto, que solo tiene uso para vuelos chárter (privados), para la PNP, la fuerza aérea y el uso en caso emergencias.

Se consideró usar la nave de diseño Airbus A318, para modificar el uso del aeropuerto a uno no sólo de vuelos privados sino comerciales, además que cuenta actualmente con las instalaciones y equipos para operar con Aerolíneas, pero no están en funcionamiento.

Realizando los cálculos equivalentes a 1200 salidas aproximadamente con el Airbus A318, usando sus especificaciones técnicas:

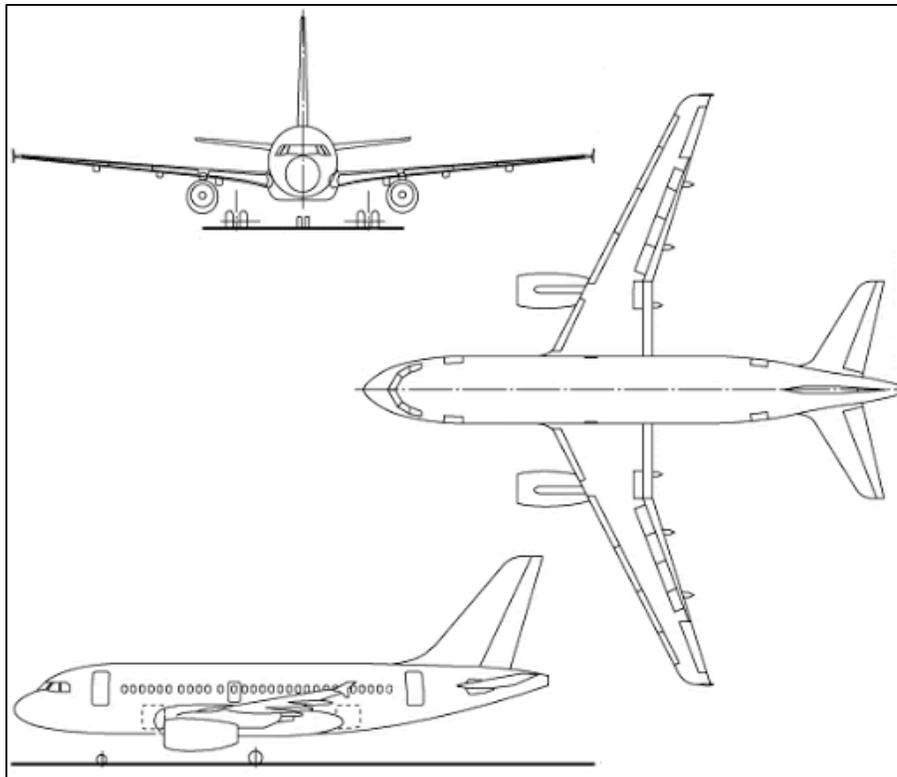
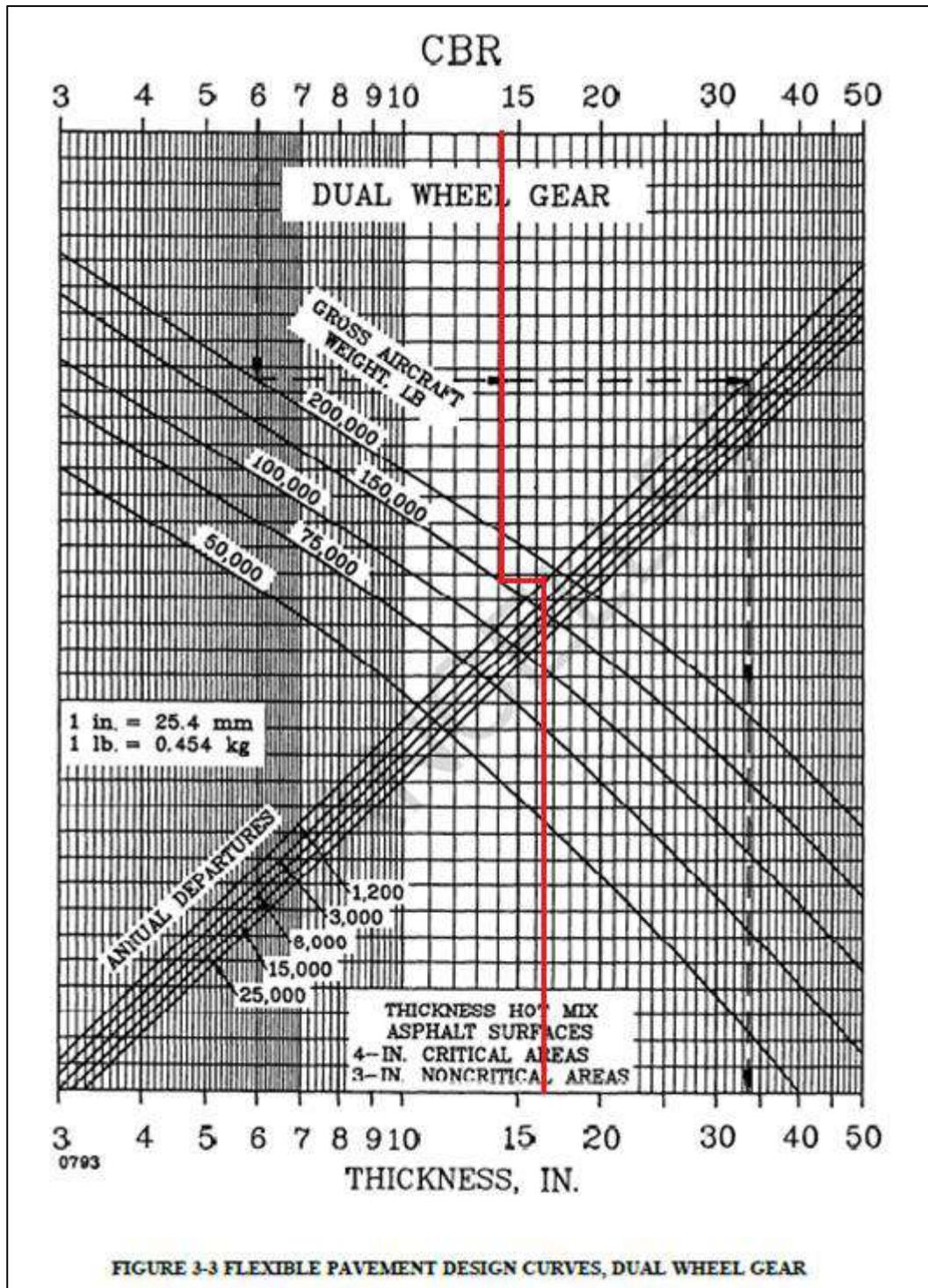


Tabla 3.3 Especificaciones técnicas de aeronave Airbus A318.

Especificaciones Técnicas	
NOMBRE	Airbus A318
MTWO	68,000 kg (150,000 lb)
CARGA MAXIMA	21.21 m ³
ANCHO	39.50 m
LARGO	31.45 m
TREN DE ATERRIZAJE	Tren doble (D)

Espesor total del pavimento:

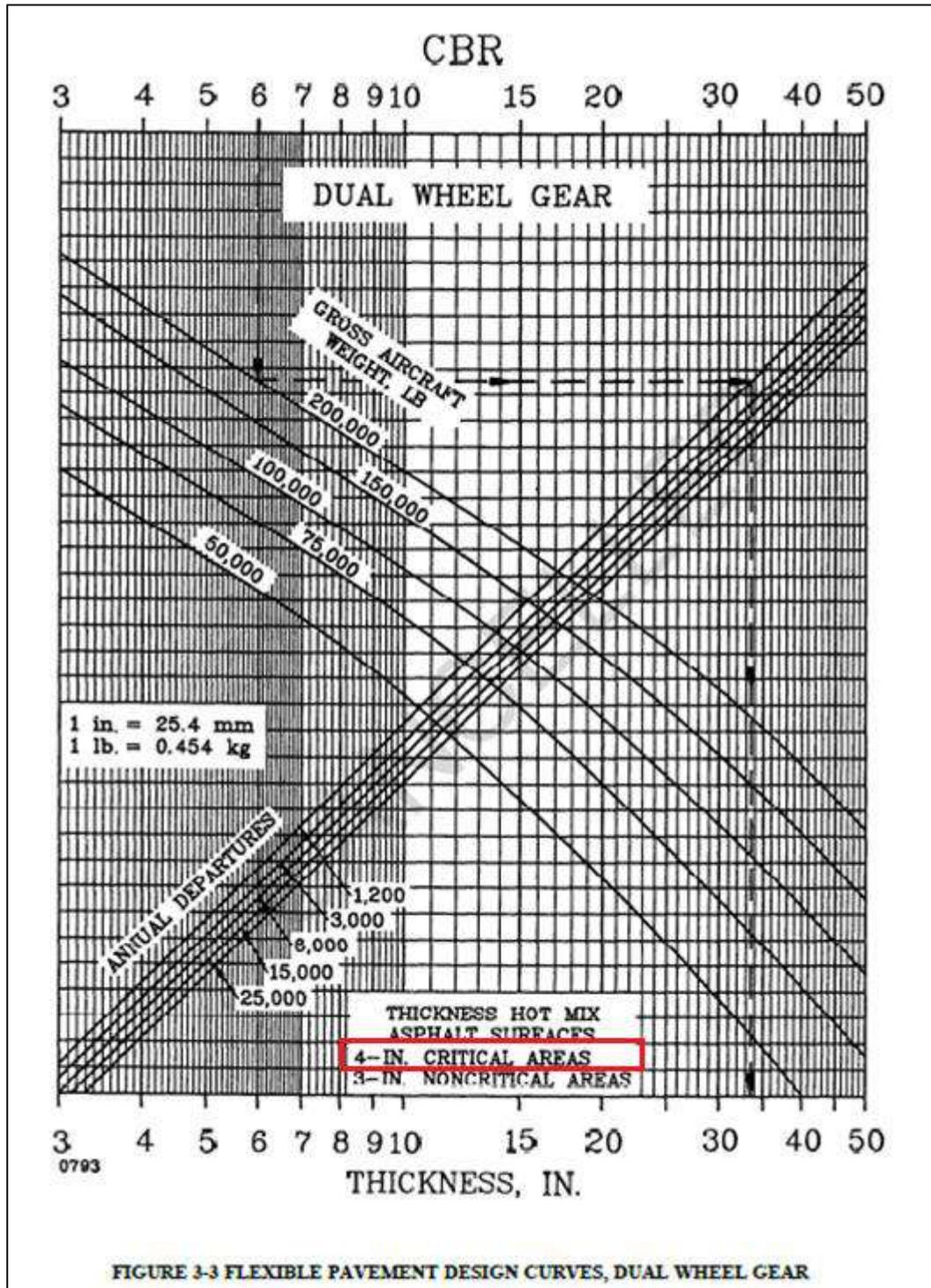
Para el cálculo del espesor total se usaron los datos registrados de la subrasante, con CBR de 14.20 %, se trazó una línea vertical hasta intersectar la curva del peso de la aeronave (150,000 lb), luego se trazó una línea horizontal hasta intersectar con la recta de vuelos anuales equivalentes (se consideró 1200 salidas), de esta intersección se traza nuevamente una línea vertical hasta intersectar la línea de abscisas, hallando un espesor de 16,4 in aproximadamente.



Utilizando el nomograma para Tren de aterrizaje tipo Dual, se obtiene un espesor total del pavimento de aproximadamente 16.4 in (41.66 cm).

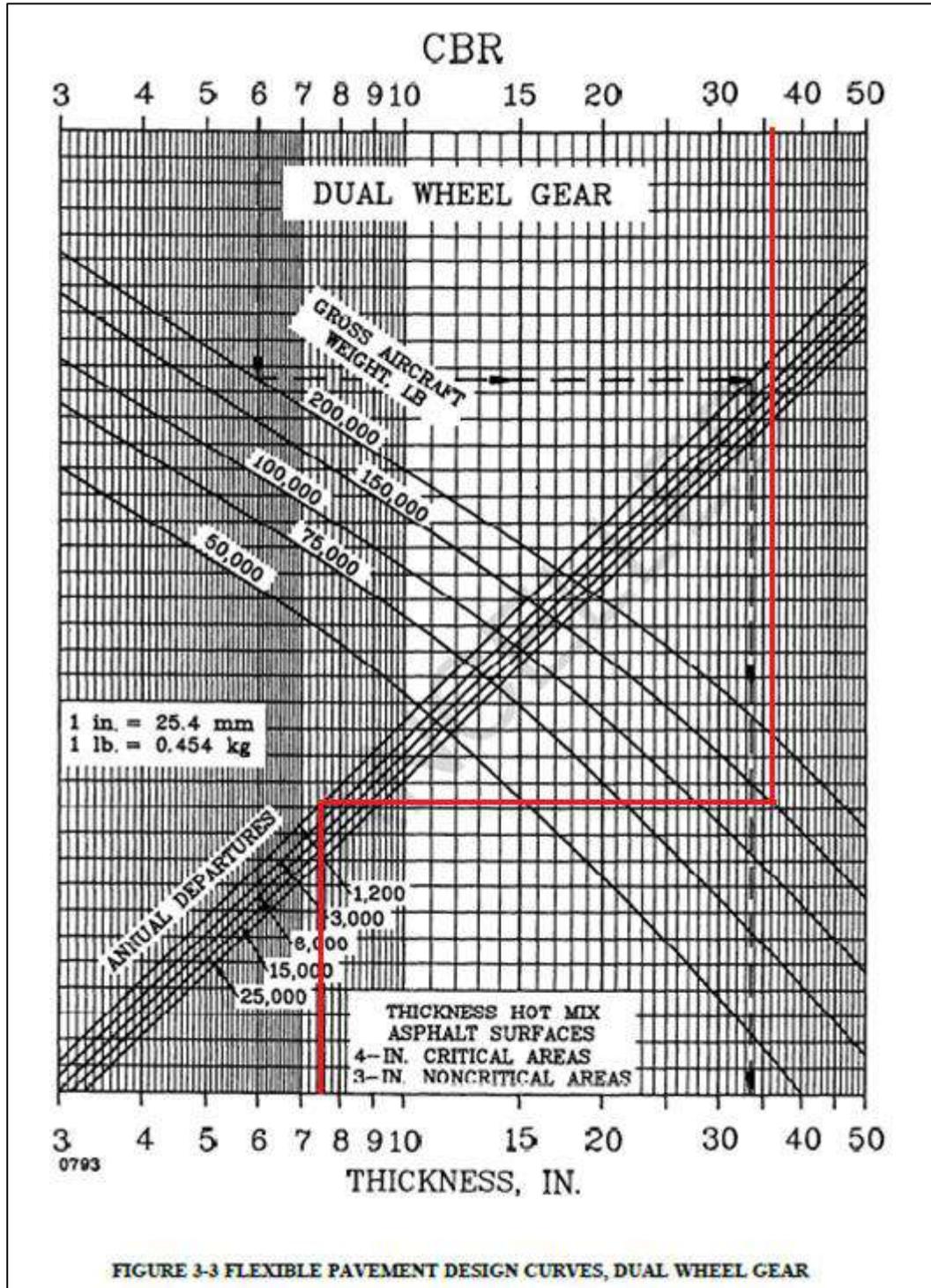
Espesor de la superficie asfáltica:

Como se parecía en los ábacos los espesores para superficies asfálticas vienen determinadas según el tipo de área en la que se diseña el pavimento aeroportuario, nuestro diseño se realizó para el área crítica, zona en la que se considera un espesor de 4 in.



Para el espesor del pavimento bituminoso usamos el espesor recomendado para áreas críticas según el nomograma, aproximadamente 4 in (10 cm).

Espesor de la subbase:



Los pasos para el cálculo del espesor de la subbase son similares a los del espesor total del pavimento, haciendo uso del mismo nomograma,

correspondiente al tipo Dual Wheel según la aeronave de diseño, se procede a trazar una recta vertical a partir del CBR de nuestro material 36% obtenido, hasta intersectar la curva del peso de la aeronave (150,000 lb), se trazó una línea horizontal hasta intersectar con la recta de vuelos anuales equivalentes (se consideró 1200 salidas), de esta intersección se traza nuevamente una línea vertical hasta intersectar la línea de abscisas, hallando un espesor de 7,5 in aproximadamente.

Al extraer el valor obtenido 7.5 in del espesor total del pavimento 16.5 in obtenemos el espesor de la capa subbase de 9 in.

Espesor de la base:

El cálculo del espesor de la base se realizó relacionando los valores obtenidos de la suma del espesor de base y carpeta asfáltica de 7.5 in, habiendo obtenido un valor del espesor del pavimento bituminoso de 4 in, se calculó el espesor de la capa base mediante la diferencia de estos dos valores, obteniendo 3.5 in (8.89 cm).

Para verificar que los cálculos realizados cumplen con los valores mínimos de capa base requeridos por la FAA 95, se comparan con los valores de la tabla.

Aeronave de Diseño	Carga de Diseño		Espesor mínimo de la capa base	
	lb	Kg	in	cm
Single Wheel	30,000 – 50,000	13,600 – 22,700	4	100
	50,000 – 75,000	22,700 – 34,000	6	150
Dual Wheel	50,000 – 100,000	22,700 – 45,000	6	150
	100,000 – 200,000	45,000 – 90,700	8	200
Dual Tándem	100,000 – 250,000	45,000 – 113,400	6	150
	250,000 – 400,000	113,400 – 181,000	8	200
757 767	200,000 – 400,000	90,700 – 181,000	6	150
B-747	400,000 – 600,000	181,000 – 272,000	6	150
	600,000 – 850,000	272,000 – 385,700	8	200
C-130	75,000 – 125,000	34,000 – 56,700	4	100
	125,00 – 175,000	56,700 – 79,400	6	150

Según los valores de la tabla para un tren de aterrizaje Dual Wheel con 150,000 lb de peso de la aeronave de diseño corresponde un espesor mínimo de 8 in (20.32 cm) para la zona crítica, que al ser comparado con nuestro

valor de 3.5 in obtenido, es necesaria la corrección, estableciendo el mínimo como valor a tomar en cuenta como espesor de diseño, 8 in (20.32 cm).

Espesor total del pavimento estructural crítico.

A continuación, se muestran los valores corregidos de los espesores de las capas del pavimento en la zona crítica.

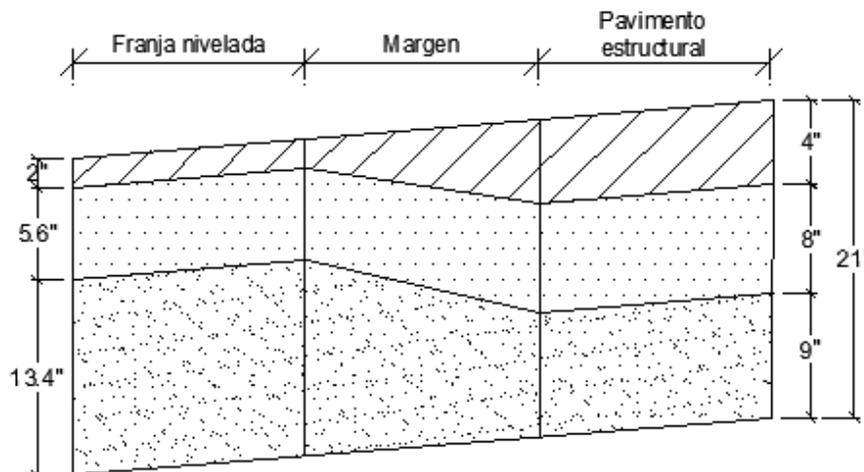
CAPA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CRITICO	ESPESOR	
	Plg	cm
Capa de rodadura	4 in	10.16 cm
Capa base	8 in	20.32 cm
Capa Subbase	9 in	22.86 cm
Espesor total del Pavimento	21 in	53.34 cm

Espesor total del pavimento estructural para la franja nivelada critica

Los valores de los espesores de las capas del pavimento en franja nivelada critica se obtienen multiplicando el espesor de la capa base por 0.7 y disminuyendo los valores de la carpeta asfáltica al mínimo para zona no critica de 2 in, incrementando el espesor de la capa subbase para facilitar el drenaje.

CAPA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	ESPESOR	
	plg	cm
Capa de rodadura	2 in	5.08 cm
Capa base	5.6 in	14.22 cm
Capa Subbase	13.4 in	34.04 cm
Espesor total del Pavimento	21 in	53.34 cm

Diseño Obtenido:



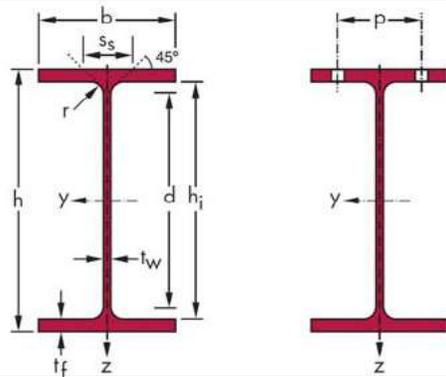


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 9. FICHA TÉCNICA DE LOS PERFILES DE ACERO

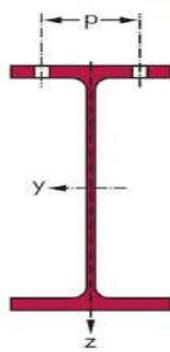
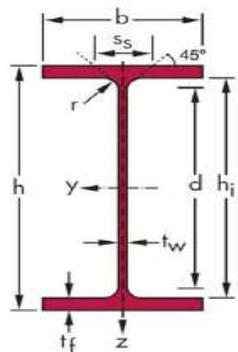
PERFIL EUROPEO IPE



I_y → momento de inercia en el plano fuerte y-y.
 I_z → momento de inercia en el plano débil z-z.
 $W_{el,y}$ → módulo resistente elástico en el plano fuerte y-y.
 $W_{el,z}$ → módulo resistente elástico en el plano débil z-z.
 $W_{pl,y}$ → módulo resistente plástico en el plano fuerte y-y
 (es igual al doble del momento estático de media sección).
 $W_{pl,z}$ → módulo resistente plástico en el plano débil z-z (idem).
 i_y → radio de giro en el plano fuerte y-y.
 i_z → radio de giro en el plano débil z-z.
 A_{vz} → área de cortante.
 S_s → longitud de entrega.
 I_t → momento de inercia de torsión.
 I_w → momento de inercia de alabeo.

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	R (mm)		eje fuerte y-y					eje débil z-z				s _s (mm)	I _t * 10 ⁴ (mm ⁴)	I _w * 10 ⁹ (mm ⁶)
								I _y * 10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} * 10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} * 10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} (mm ²)	I _z * 10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} * 10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} * 10 ³ (mm ³)	i _z (mm)			
IPE 80	6,00	80	46	3,8	5,2	5	764,38	80,14	20,03	23,22	32,38	357,74	8,49	3,69	5,82	10,54	20,06	0,70	0,12
IPE 100	8,10	100	55	4,1	5,7	7	1.032,40	171,01	34,20	39,41	40,70	508,57	15,92	5,79	9,15	12,42	23,70	1,20	0,35
IPE 120	10,37	120	64	4,4	6,3	7	1.321,10	317,75	52,96	60,73	49,04	630,62	27,67	8,65	13,58	14,47	25,20	1,74	0,89
IPE 140	12,90	140	73	4,7	6,9	7	1.642,68	541,22	77,32	88,34	57,40	764,31	44,92	12,31	19,25	16,54	26,70	2,45	1,98
IPE 160	15,77	160	82	5	7,4	9	2.009,26	869,29	108,66	123,86	65,78	965,86	68,31	16,66	26,10	18,44	30,34	3,60	3,96
IPE 180	18,80	180	91	5,3	8	9	2.394,86	1.316,96	146,33	166,41	74,16	1.125,26	100,85	22,16	34,60	20,52	31,84	4,79	7,43
IPE 200	22,36	200	100	5,6	8,5	12	2.848,64	1.943,17	194,32	220,64	82,59	1.400,24	142,37	28,47	44,61	22,36	36,66	6,98	12,99
IPE 220	26,20	220	110	5,9	9,2	12	3.337,28	2.771,84	251,99	285,41	91,14	1.588,36	204,89	37,25	58,11	24,78	38,36	9,07	22,67
IPE 240	30,71	240	120	6,2	9,8	15	3.911,98	3.891,62	324,30	366,65	99,74	1.914,74	283,63	47,27	73,92	26,93	43,37	12,88	37,39
IPE 270	36,07	270	135	6,6	10,2	15	4.594,86	5.789,78	428,87	484,00	112,25	2.214,18	419,87	62,20	96,95	30,23	44,57	15,94	70,58
IPE 300	42,25	300	150	7,1	10,7	15	5.381,56	8.356,10	557,07	628,36	124,61	2.568,53	603,78	80,50	125,22	33,50	46,07	20,12	125,93
IPE 330	49,15	330	160	7,5	11,5	18	6.261,14	11.766,89	713,15	804,33	137,09	3.081,39	788,14	98,52	153,68	35,48	51,59	28,15	199,10
IPE 360	57,10	360	170	8	12,7	18	7.273,44	16.265,62	903,65	1.019,15	149,54	3.514,24	1.043,45	122,76	191,10	37,88	54,49	37,32	313,58
IPE 400	66,31	400	180	8,6	13,5	21	8.447,06	23.128,35	1.156,42	1.307,15	165,47	4.270,16	1.317,82	146,42	229,00	39,50	60,20	51,08	490,05
IPE 450	77,58	450	190	9,4	14,6	21	9.882,78	33.742,91	1.499,69	1.701,79	184,78	5.085,22	1.675,86	176,41	276,38	41,18	63,20	66,87	791,01
IPE 500	90,69	500	200	10,2	16	21	11.552,86	48.198,50	1.927,94	2.194,12	204,25	5.988,06	2.141,68	214,17	335,88	43,06	66,80	89,29	1.249,37
IPE 550	105,52	550	210	11,1	17,2	24	13.442,52	67.116,46	2.440,60	2.787,01	223,45	7.235,04	2.667,58	254,06	400,54	44,55	73,62	123,24	1.884,10
IPE 600	122,45	600	220	12	19	24	15.599,36	92.083,40	3.069,45	3.512,40	242,96	8.379,36	3.387,34	307,94	485,65	46,60	78,12	165,42	2.845,53

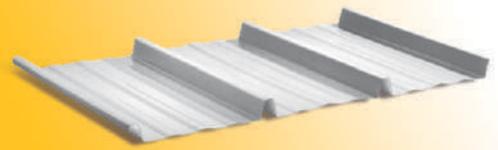
Clases de secciones						Resistencia de las secciones												Perfil
Compresión			Flexión simple yy/zz			Compresión ($N_{r,Rd} \leq N_{pl,Rd}$) (kN)			Flexión plástica ($M_{yp,Rd}$) o elástica ($M_{yel,Rd}$) eje y-y (kNm)			Flexión plástica ($M_{zp,Rd}$) o elástica ($M_{zel,Rd}$) eje z-z (kNm)			Cortante ($V_{pl,Rd}$) (kN)			
S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	
1	1	1	1	1	1	171,1	200,2	258,4	5,20	6,08	7,85	1,30	1,52	1,97	46,23	54,09	69,83	IPE 80
1	1	1	1	1	1	231,1	270,4	349,0	8,82	10,32	13,32	2,05	2,40	3,09	65,72	76,90	99,27	IPE 100
1	1	1	1	1	1	295,7	346,0	446,7	13,59	15,90	20,53	3,04	3,56	4,59	81,49	95,36	123,1	IPE 120
1	1	2	1	1	1	367,6	430,2	555,4	19,77	23,14	29,87	4,31	5,04	6,51	98,76	115,6	149,2	IPE 140
1	1	2	1	1	1	449,7	526,2	679,3	27,72	32,44	41,88	5,84	6,84	8,82	124,8	146,0	188,5	IPE 160
1	2	3	1	1	1	536,0	627,2	809,7	37,25	43,58	56,26	7,74	9,06	11,70	145,4	170,2	219,7	IPE 180
1	2	3	1	1	1	637,6	746,1	963,1	49,38	57,79	74,60	9,98	11,68	15,08	180,9	211,7	273,3	IPE 200
2	2	3	1	1	1	746,9	874,0	1.128	63,88	74,75	96,49	13,01	15,22	19,65	205,2	240,2	310,0	IPE 220
2	3	4	1	1	1	875,5	1.025	-	82,06	96,03	124,0	16,54	19,36	24,99	247,4	289,5	373,8	IPE 240
2	3	4	1	1	1	1.028	1.203	-	108,3	126,8	163,6	21,70	25,39	32,78	286,1	334,8	432,2	IPE 270
3	4	4	1	1	1	1.204	-	-	140,6	164,6	212,4	28,03	32,80	42,34	331,9	388,4	501,4	IPE 300
3	4	4	1	1	1	1.401	-	-	180,0	210,7	271,9	34,39	40,25	51,96	398,2	465,9	601,5	IPE 330
3	4	4	1	1	1	1.628	-	-	228,1	266,9	344,6	42,77	50,05	64,61	454,1	531,4	686,0	IPE 360
4	4	4	1	1	1	-	-	-	292,6	342,3	441,9	51,25	59,98	77,42	551,8	645,7	833,5	IPE 400
4	4	4	1	1	1	-	-	-	380,9	445,7	575,4	61,86	72,39	93,44	657,1	768,9	992,6	IPE 450
4	4	4	1	1	1	-	-	-	491,1	574,6	741,8	75,17	87,97	113,6	773,8	905,5	1.169	IPE 500
4	4	4	1	1	1	-	-	-	623,8	729,9	942,3	89,64	104,9	135,4	934,9	1.094	1.412	IPE 550
4	4	4	1	1	1	-	-	-	786,1	919,9	1.188	108,7	127,2	164,2	1.083	1.267	1.636	IPE 600



I_y → momento de inercia en el plano fuerte y-y.
 I_z → momento de inercia en el plano débil z-z.
 $W_{el,y}$ → módulo resistente elástico en el plano fuerte y-y.
 $W_{el,z}$ → módulo resistente elástico en el plano débil z-z.
 $W_{pl,y}$ → módulo resistente plástico en el plano fuerte y-y.
 (igual al doble del momento estático de media sección).
 $W_{pl,z}$ → módulo resistente plástico en el plano débil z-z.
 i_y → radio de giro en el plano fuerte y-y.
 i_z → radio de giro en el plano débil z-z.
 A_{vz} → área de cortante.
 I_t → momento de inercia de torsión.
 I_w → momento de inercia de alabeo.
 S_s → longitud de entrega.

Perfil	Peso G (kg/m)	Dimensiones					Área A (mm ²)	Área de la sección		Propiedades de la sección											
		h (mm)	b (mm)	t _w (mm)	t _f (mm)	r (mm)		A _L (m ² /m)	A _G (m ² /t)	eje fuerte y-y					eje débil z-z						
										I _y *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,y} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,y} *10 ³ (mm ³)	i _y (mm)	A _{vz} *10 ² (mm ²)	I _z *10 ⁴ (mm ⁴)	W _{el,z} *10 ³ (mm ³)	W _{pl,z} *10 ³ (mm ³)	i _z (mm)	S _s (mm)	I _t *10 ⁴ (mm ⁴)	I _w *10 ⁹ (mm ⁶)
HE 100 B	20,4	100	100	6	10	12	2.603,84	0,57	27,76	449,54	89,91	104,21	41,55	903,84	167,27	33,45	51,42	25,35	40,06	9,25	3,38
HE 120 B	26,7	120	120	6,5	11	12	3.400,84	0,69	25,71	864,37	144,06	165,21	50,41	1.096,34	317,52	52,92	80,97	30,56	42,56	13,84	9,41
HE 140 B	33,7	140	140	7	12	12	4.295,84	0,81	23,88	1.509,23	215,60	245,43	59,27	1.307,84	549,67	78,52	119,78	35,77	45,06	20,06	22,48
HE 160 B	42,6	160	160	8	13	15	5.425,50	0,92	21,56	2.492,00	311,50	353,97	67,77	1.759,50	889,23	111,15	169,96	40,48	51,57	31,24	47,94
HE 180 B	51,2	180	180	8,5	14	15	6.525,50	1,04	20,25	3.831,13	425,68	481,45	76,62	2.024,50	1.362,85	151,43	231,01	45,70	54,07	42,16	93,75
HE 200 B	61,3	200	200	9	15	18	7.808,64	1,15	18,78	5.696,17	569,62	642,55	85,41	2.483,64	2.003,37	200,34	305,81	50,65	60,09	59,28	171,13
HE 220 B	71,5	220	220	9,5	16	18	9.104,64	1,27	17,77	8.090,96	735,54	827,05	94,27	2.792,64	2.843,26	258,48	393,88	55,88	62,59	76,57	295,42
HE 240 B	83,2	240	240	10	17	21	10.599,26	1,38	16,63	11.259,29	938,27	1.053,15	103,07	3.323,26	3.922,66	326,89	498,42	60,83	68,60	102,69	486,95
HE 260 B	93	260	260	10	17,5	24	11.845,36	1,50	16,12	14.919,41	1.147,65	1.282,91	112,23	3.760,36	5.134,51	394,96	602,25	65,84	73,12	123,78	753,65
HE 280 B	103	280	280	10,5	18	24	13.137,36	1,62	15,69	19.270,25	1.376,45	1.534,43	121,11	4.110,36	6.594,52	471,04	717,57	70,85	74,62	143,72	1.130,15
HE 300 B	117	300	300	11	19	27	14.908,94	1,73	14,80	25.165,65	1.677,71	1.868,67	129,92	4.743,94	8.562,82	570,85	870,14	75,79	80,63	185,05	1.687,79
HE 320 B	127	320	300	11,5	20,5	27	16.135,44	1,77	13,98	30.823,51	1.926,47	2.149,24	138,21	5.178,19	9.238,82	615,92	939,10	75,67	84,13	225,07	2.068,71
HE 340 B	134	340	300	12	21,5	27	17.090,94	1,81	13,49	36.656,36	2.156,26	2.408,11	146,45	5.609,94	9.689,93	646,00	985,72	75,30	86,63	257,20	2.453,63
HE 360 B	142	360	300	12,5	22,5	27	18.064,44	1,85	13,04	43.193,42	2.399,63	2.682,99	154,63	6.060,69	10.141,16	676,08	1.032,49	74,93	89,13	292,45	2.883,25
HE 400 B	155	400	300	13,5	24	27	19.778,94	1,93	12,41	57.680,48	2.884,02	3.231,74	170,77	6.998,94	10.819,03	721,27	1.104,04	73,96	93,13	355,75	3.817,15
HE 450 B	171	450	300	14	26	27	21.798,94	2,03	11,84	79.887,52	3.550,56	3.982,37	191,44	7.966,94	11.721,32	781,42	1.197,66	73,33	97,63	440,48	5.258,45
HE 500 B	187	500	300	14,5	28	27	23.864,94	2,12	11,34	107.175,73	4.287,03	4.814,57	211,92	8.982,94	12.623,91	841,59	1.291,65	72,73	102,13	538,44	7.017,70
HE 550 B	199	550	300	15	29	27	25.406,94	2,22	11,15	136.690,81	4.970,57	5.590,61	231,95	10.007,94	13.076,89	871,79	1.341,14	71,74	104,63	600,33	8.855,76
HE 600 B	212	600	300	15,5	30	27	26.996,94	2,32	10,96	171.041,04	5.701,37	6.425,14	251,71	11.081,94	13.530,24	902,02	1.391,06	70,79	107,13	667,18	10.965,38

Clases de secciones						Resistencia de las secciones												Perfil
Compresión			Flexión simple yy/zz			Compresión ($N_{r,Rd} \leq N_{pl,Rd}$) (kN)			Flexión plástica ($M_{ypI,Rd}$) o elástica ($M_{yel,Rd}$) eje y-y (kNm)			Flexión plástica ($M_{ypI,Rd}$) o elástica ($M_{yel,Rd}$) eje z-z (kNm)			Cortante ($V_{pl,Rd}$) (kN)			
S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	S 235	S 275	S 355	
1	1	1	1	1	1	582,76	681,96	880,35	23,32	27,29	35,23	11,51	13,47	17,39	116,79	136,67	176,43	HE 100 B
1	1	1	1	1	1	761,14	890,70	1.149,81	36,98	43,27	55,86	18,12	21,21	27,37	141,67	165,78	214,00	HE 120 B
1	1	1	1	1	1	961,45	1.125,10	1.452,40	54,93	64,28	82,98	26,81	31,37	40,50	168,99	197,76	255,29	HE 140 B
1	1	1	1	1	1	1.214,28	1.420,96	1.834,34	79,22	92,71	119,67	38,04	44,51	57,46	227,36	266,06	343,45	HE 160 B
1	1	1	1	1	1	1.460,47	1.709,06	2.206,24	107,75	126,09	162,78	51,70	60,50	78,10	261,60	306,13	395,18	HE 180 B
1	1	1	1	1	1	1.747,65	2.045,12	2.640,06	143,81	168,29	217,24	68,44	80,09	103,39	320,93	375,55	484,80	HE 200 B
1	1	1	1	1	1	2.037,71	2.384,55	3.078,24	185,10	216,61	279,62	88,15	103,16	133,17	360,86	422,28	545,12	HE 220 B
1	1	1	1	1	1	2.372,22	2.776,00	3.583,56	235,70	275,82	356,06	111,55	130,54	168,51	429,42	502,51	648,70	HE 240 B
1	1	1	1	1	1	2.651,10	3.102,36	4.004,86	287,13	336,00	433,75	134,79	157,73	203,62	485,90	568,61	734,02	HE 260 B
1	1	1	1	1	1	2.940,27	3.440,74	4.441,68	343,42	401,88	518,78	160,60	187,94	242,61	531,13	621,53	802,34	HE 280 B
1	1	1	1	1	1	3.336,76	3.904,72	5.040,64	418,23	489,41	631,79	194,75	227,89	294,19	613,00	717,33	926,01	HE 300 B
1	1	1	1	1	1	3.611,27	4.225,95	5.455,32	481,02	562,90	726,65	210,18	245,95	317,50	669,11	783,00	1.010,78	HE 320 B
1	1	1	1	1	1	3.825,12	4.476,20	5.778,37	538,96	630,69	814,17	220,61	258,16	333,27	724,90	848,28	1.095,06	HE 340 B
1	1	1	1	1	1	4.042,99	4.731,16	6.107,50	600,48	702,69	907,11	231,08	270,41	349,08	783,14	916,44	1.183,04	HE 360 B
1	1	1	1	1	1	4.426,72	5.180,20	6.687,17	723,29	846,41	1.092,64	247,09	289,15	373,27	904,38	1.058,32	1.366,19	HE 400 B
1	1	2	1	1	1	4.878,81	5.709,25	7.370,12	891,29	1.043,00	1.346,42	268,05	313,67	404,92	1.029,46	1.204,69	1.555,14	HE 450 B
1	2	2	1	1	1	5.341,20	6.250,34	8.068,62	1.077,55	1.260,96	1.627,78	289,08	338,29	436,70	1.160,74	1.358,32	1.753,46	HE 500 B
1	2	3	1	1	1	5.686,32	6.654,20	8.589,97	1.251,23	1.464,21	1.890,16	300,16	351,25	453,43	1.293,19	1.513,31	1.953,54	HE 550 B
2	2	4	1	1	1	6.042,17	7.070,63	-	1.438,01	1.682,77	2.172,31	311,33	364,32	470,31	1.431,97	1.675,71	2.163,19	HE 600 B



DESCRIPCIÓN

Gama de paneles metálicos para coberturas y fachadas, con 4 trapecios que otorgan resistencia estructural, facilidad de instalación y superior acabado, ideal para edificaciones comerciales, industriales y de servicio.

CARACTERÍSTICAS

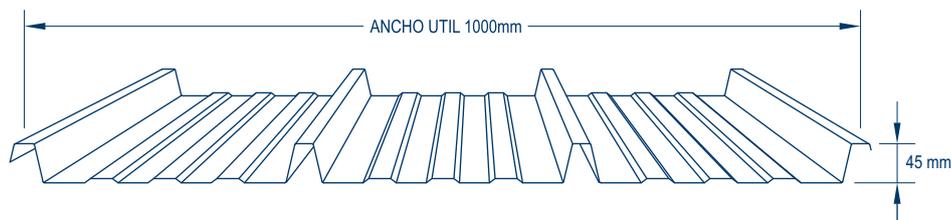
Material : Acero Zincaluz ASTM A792, AZ 150.
Espesor (e) : 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,60; 0,75 y 0,80 mm.

Acabado Cara Superior:

Pintura : Poliéster líquida de espesor 25 micras, sobre primer uretano.
Colores : Blanco (RAL 9003), Azul (RAL 5007), Rojo (RAL 3020), Gris (RAL 7040) y Verde (RAL 6001). Consulte por nuestros colores especiales.

Acabado Cara Inferior o Trascara:

Pintura : Base líquida de 10 micras.
Largo : A pedido, desde 1 m hasta 12 m.



Asesoría
Post venta

VENTAJAS

- Asesoría técnica especializada (desarrollo de planos de montaje, detalles y metrados).
- Capacidad para matizar con alta precisión cualquier color del código RAL debido al Centro de Matizado "in house" de última generación.
- Excelente acabado arquitectónico.
- Completa línea de accesorios, sellos y fijaciones.
- Gran resistencia estructural.
- Ahorro en estructura portante.
- Fácil y rápido de instalar.

PRECOR S.A.

Oficina : Av. Manuel Olguín 373, Piso 9, Surco
Planta : Av. Nicolás Dueñas 559, Lima
Central : 705-4000

www.precor.com.pe

PRECOR
SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO



Metro de Lima



Campamento Pucamarca



Barrick Misquichilca

TABLA DE CARGAS (Kg/m²)

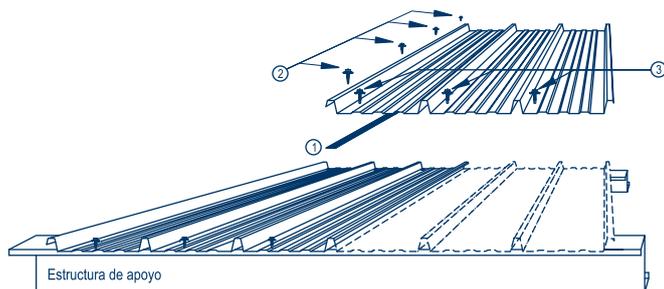
Espe- sor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Espe- sor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	266	169	117	--	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	342	218	150	109	--	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	419	266	183	133	101	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	571	363	250	182	137	107	--	--	--	--

Espe- sor e	Peso del Panel											
mm	Kg / m ²	L(m) =	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25
0,35 - 0,40	3,35	P (Kg / m ²) =	334	212	146	107	--	--	--	--	--	--
0,45 - 0,50	4,30	P (Kg / m ²) =	429	273	188	137	104	--	--	--	--	--
0,55 - 0,60	5,26	P (Kg / m ²) =	525	334	230	168	127	--	--	--	--	--
0,75 - 0,80	7,17	P (Kg / m ²) =	715	455	314	229	173	136	108	--	--	--

• Acero zincaluminado ASTM A792, AZ 150.
 • Las cargas se han calculado considerando que la sección es totalmente efectiva y que la deflexión máxima por carga viva es L/200.
 • Las cargas vivas son netas. El peso propio del panel ha sido incluido en la verificación de resistencia y deflexión.
 • Largo del panel hasta 12m.

DETALLE DE INSTALACIÓN



1. Cinta butil 3/8" a lo largo del traslape transversal.
2. Tornillo autoroscante #8x3/4" punta fina cada 750mm max., sobre traslape longitudinal.
3. Tornillo autoperforante #10x3/4" punta broca, sobre estructura de apoyo.

Nota: Nuestros paneles vienen provistos de una película plástica de protección que debe ser retirada una vez terminado el proceso de instalación. Caso contrario, el sol, la humedad y la intemperie vulcanizarán la película plástica y se pegará al panel causando daños irreversibles a la pintura.

PRECOR S.A.

Oficina : Av. Manuel Olgúin 373, Piso 9, Surco
 Planta : Av. Nicolás Dueñas 559, Lima
 Central : 705-4000

www.precor.com.pe



Grupo P M P



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 10. FICHA DE RESUMEN

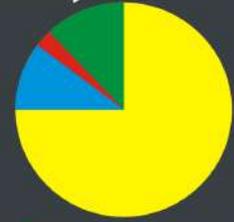
PROPUESTA DE MEJORA DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE

SALIDAS ANUALES PROMEDIO (2019-2039)

GENERALIDADES

- AROPUERTO FAP JAIME MONTREUIL MORALES
- INICIO DE SUS OPERACIONES 9 DICIEMBRE DE 1957
- COORDENADAS GEOGRAFICAS 09°09'04.2"S Y 78°31'25.8"W

- CESSNA - C152
- ANTONOV - AN 32
- PIPER - PA 38
- OTROS



1260
PERIODO DE 20 AÑOS

INFRAESTRUCTURA:

- PISTA DE ATERRIZAJE DE 1800X30m
- TERMINAL DE PASAJEROS 14.30X58.70m
- TORRE DE CONTROL 04 NIVELES



PROPUESTA DE PLANIFICACION

- Elaboración de Plan Anual de Mantenimiento preventivo y correctivo de la Infraestructura Aeroportuaria.
- Tener conocimiento de los tipos de fallas y posibles causas. Considerar una revisión del pavimento cuando hayan variaciones en las operaciones del Aeropuerto o se sobrepase el límite permisible de la aeronave de diseño.
- Asignar una oficina encargada de los proyectos de Ingeniería en las instalaciones del Aeropuerto.
- Desarrollar un plan de gestión de calidad para optimizar ciclo de vida útil de la Infraestructura del Aeropuerto.



PROPUESTA DE MANTENIMIENTO

- Llevar una data periódicamente actualizada del control de deterioros.
- Proponer la inspección de las estructuras metálicas mediante un revestimiento anticorrosivo.
- Implementar un sistema de aniego para controlar todo tipo de fugas en las instalaciones de aguas u otros fluidos que puedan provocar deterioro de los elementos



¿CADA CUANTO TIEMPO SE HACEN LAS REVISIONES?

- En lo que concierne a mantenimiento de estructuras metálicas se debe hacer **1 revisión general al año**.
- Cada **5 años** se debe reconocer todas las uniones
- Realizar una completa revisión técnica a los **10 años**, contando con personal calificado



PROPUESTA DE DISEÑO

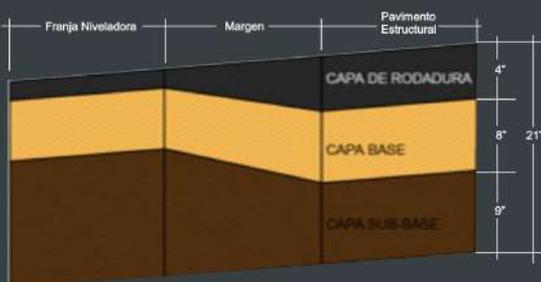
PARA LA PISTA DE ATERRIZAJE

Consideraciones:

- Peso bruto de la Aeronave de Diseño AIRBUS A318
- Salidas Anuales Equivalente de la Aeronave de Diseño
- Propiedades del Suelo

Diseño Propuesto:

- Capa subbase 9"
- Capa Base 8"
- Capa de Rodadura 4"



PARA TERMINAL DE PASAJEROS

Consideraciones:

- Normativa AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (ANSI/AISC 360-10)
- Metodo DISEÑO POR FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (LRFD)
- Consideraciones Sísmicas de Diseño: RNE E-030
- Software para Modelado: Cype3D v17

DISEÑO PROPUESTO:

• COLUMNAS:

Perfil: HE 300 B		Material: Acero (A36)	
Área	Longitud	Características mecánicas	
102	100	E	235
102	100	S	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355

• VIGAS

Perfil: IPE 456		Material: Acero (A36)	
Área	Longitud	Características mecánicas	
102	100	E	235
102	100	S	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355

• ARRIOSTRES

Perfil: B 12		Material: Acero (A36)	
Área	Longitud	Características mecánicas	
102	100	E	235
102	100	S	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355

• TENSORES

Perfil: B 12		Material: Acero (A36)	
Área	Longitud	Características mecánicas	
102	100	E	235
102	100	S	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355
102	100	fy	235
102	100	fu	355





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 11. PANEL FOTOGRÁFICO



PANEL FOTOGRAFICO CAMPO



Foto N°01.- Vista de calicata C-02 a realizar en la zona de estudio, próxima a la pista de aterrizaje del aeropuerto.



Foto N°02.- Vista de toma de medidas de la pista de aterrizaje de la zona del proyecto.



Foto N°03.- Vista de fallas presentadas en la pista de aterrizaje, de las cuales se tomaron medidas y fueron clasificadas según el ensayo de PCI.



Foto N°04.- Vista de evaluación de condición del pavimento, un tipo de falla que presentó mayor incidencia fue el fisuramiento longitudinal y transversal en la pista de aterrizaje.



Foto N°05.- En la imagen se aprecia el tipo de falla denominado “potholes” o huecos según el PCI que se presentaron algunos tramos de la pista de aterrizaje.



Foto N°06.- Se notó la presencia de una ligera capa de arcilla en los primeros 20cm de excavación en la exploración del suelo en la zona de estudio.



Foto N°07.- Vista de proceso de ensayo de densidad de campo con el cono de arena en la calicata C-02 en la zona de estudio.



Foto N°08.- En el proceso de exploración del suelo, se encontraron diferentes estratos, los cuales fueron seleccionados en bolsas herméticas para el posterior evaluación en el laboratorio de mecánica de suelos.



Foto N°09.- Vista de una columna metálica de sección H ubicada en la torre de control con presencia de corrosión de tipo uniforme a lo largo de su longitud. Cabe mencionar que este deterioro se presentó en la mayoría de estructuras metálicas de la zona de proyecto.



Foto N°10.- Vista de agrietamiento localizado y desprendimiento del tarrajeo en parte del sobrecimiento en las instalaciones del terminal de pasajeros del aeropuerto



Foto N°11.- Se nota la presencia de fisuramiento sobre muros laterales por falta de confinamiento en vanos



Foto N°12.- Vista de corrosión sobre perfiles metálicos en torre de control.



Foto N°13.- Vista de configuración estructural del terminal de pasajeros conformado por pórticos metálicos y muros de albañilería confinada.



Foto N°14.- Vista interior de las instalaciones del terminal de pasajeros del aeropuerto.

PANEL FOTOGRAFICO LABORATORIO



Foto N°15.- En la imagen apreciamos el pesaje de las muestras que se usaran para los ensayos de laboratorio: Granulometría, contenido de humedad, Proctor y CBR. Además del pesaje de los equipos que usaremos para cada ensayo.



Foto N°16.- Con la muestra seleccionada se procede a realizar el ensayo de Granulometría, mediante los tamices N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y N°200 eliminamos los residuos y muestras orgánicas.



Foto N°17.- Con los datos de las muestras tomadas se determinó el método A (menos del 20% de peso de material fue retenido en el tamiz 4.75mm (N°4) para el cálculo del óptimo contenido de humedad para los ensayos Proctor (5%, 7%, 9%, 11% y 13%)



Foto N°18.- En la fotografía notamos que la muestra fue preparada hasta obtener una mezcla de suelo homogénea que procederá colocada en el molde cilíndrico.



Foto N°19.- En la imagen observamos la compactación de la muestra haciendo uso del pistón para la primera capa..



Foto N°20.- La compactación se realiza para cinco capas, llenando cada capa a 1/5 de altura del cilindro, Procediendo a realizar 5 capas de 25 golpes cada una



Foto N°21.- En las imágenes se aprecia el nivelado de la superficie de las muestras, procediendo al pesado para los cálculos.

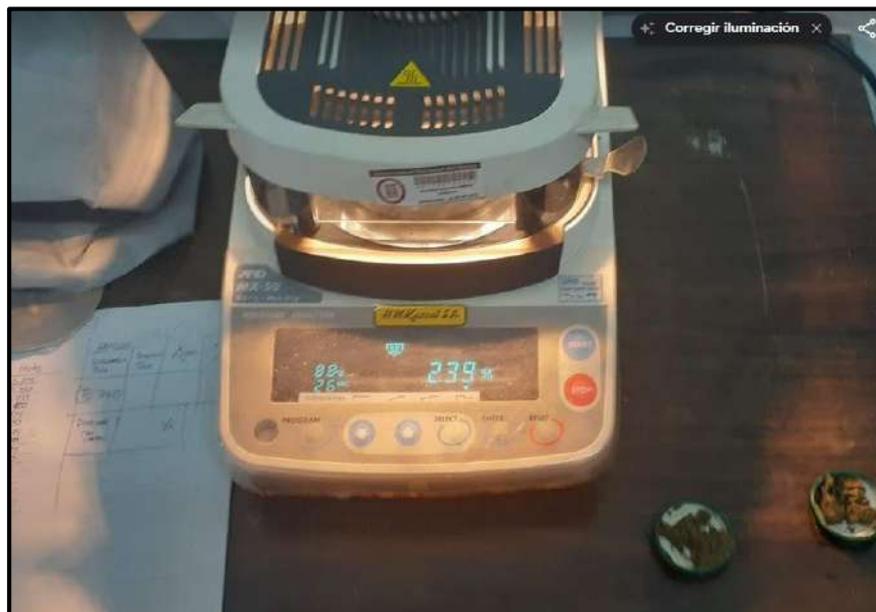


Foto N°22.- Se realiza un corte vertical por el centro y se toma muestras representativas del material compactado y se procede al pesaje para el cálculo del contenido de humedad de cada espécimen.

ENSAYO CBR:



Foto N°23.- Luego de realizar los ensayos de Proctor modificado, en la imagen observamos la toma de muestras para realizar el ensayo CBR, siendo secadas dentro el horno.



Foto N°24.- Se procede al armado de los 03 moldes, asegurándose que no queden fugas, se colocó el collar y el disco espaciador y sobre este un papel filtro del mismo diámetro.



Foto N°25.- En la fotografía se observa que también se separó una porción de aproximadamente 150g de muestra para el cálculo de su contenido de humedad por cada ensayo.



Foto N°26.- En la imagen observamos la muestra siendo compactada en la última capa de la superficie, en este caso se tomaron 5 capas por tratarse del molde del Proctor Modificado se aplicó un sistema de compactación de 55, 26 y 12 golpes por capa



Foto N°27.- En la imagen se aprecia el razado del material utilizando una espátula, para proceder a su pesaje.



Foto N°28.- Terminada la compactación, se quitó el collar y se volvió a montar pero de forma invertida, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base para posteriormente ser pesado.



Foto N°29.- En la imagen apreciamos el proceso de inmersión, se realizó la colocación de los moldes dentro de recipientes con agua para saturar las muestras aprox 48 horas, para proceder con el test de penetración.



Foto N°30.- Después del tiempo de reposo, se retiraron las muestras saturadas, se procede a quitar la sobrecarga y la placa perforada, inmediatamente fueron pesados para proceder al ensayo de penetración.



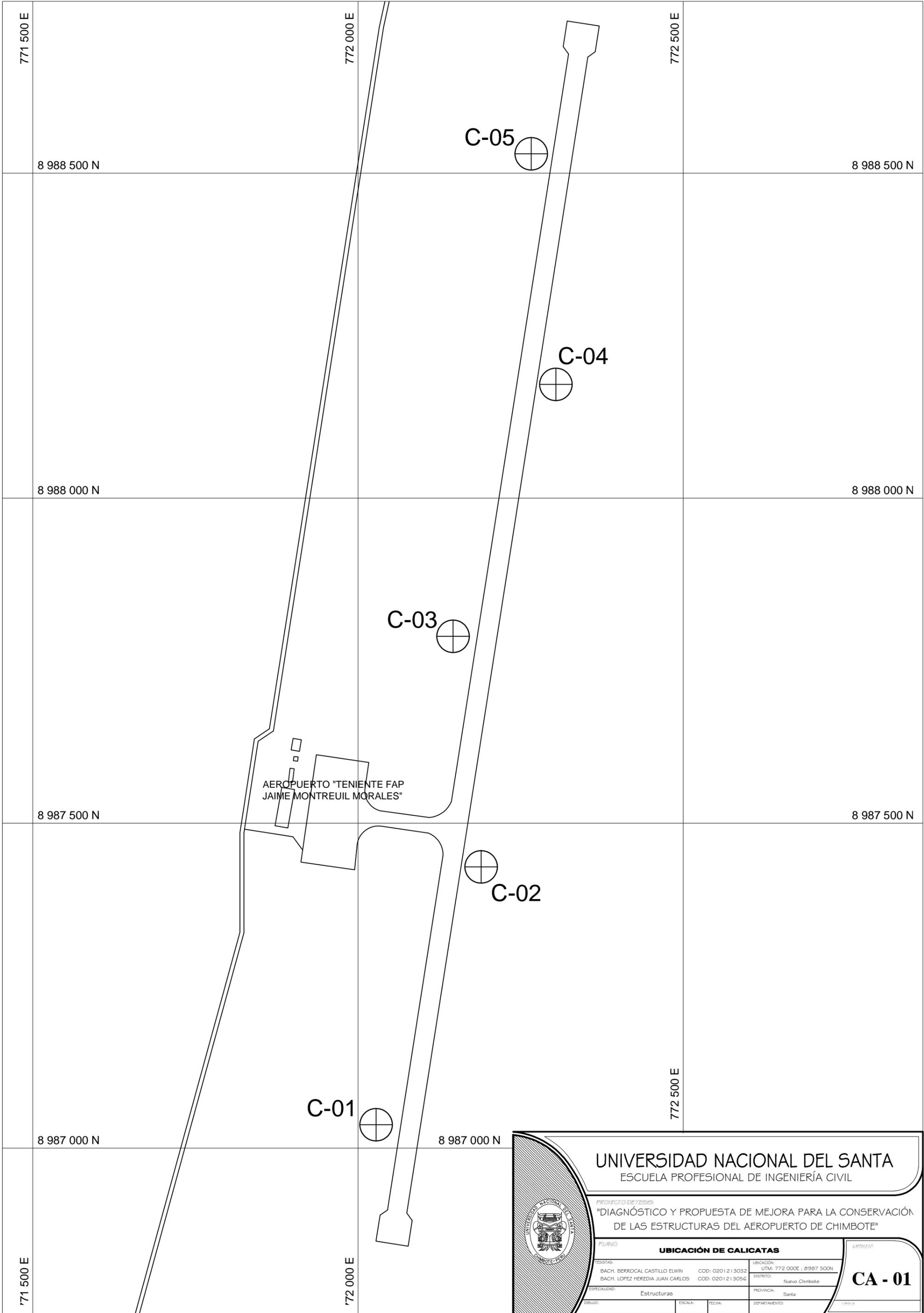
Foto N°31.- En la imagen observamos el procedimiento realizado para el test de penetración, se ensayaron las muestras en un equipo electrónico Humboldt la cual contaba con una capacidad de 50 KN. Posteriormente tomamos nota de los datos de carga y penetración en la muestra ensayada. Y al final tomamos una muestra para el cálculo de contenido de humedad.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P. INGENIERIA CIVIL

“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA
CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL
AEROPUERTO DE CHIMBOTE”

ANEXO N° 12. PLANOS



8 988 500 N

8 988 500 N

8 988 000 N

8 988 000 N

8 987 500 N

8 987 500 N

8 987 000 N

8 987 000 N

AEROPUERTO "TENIENTE FAP
JAIME MONTREUIL MORALES"

C-05

C-04

C-03

C-02

C-01

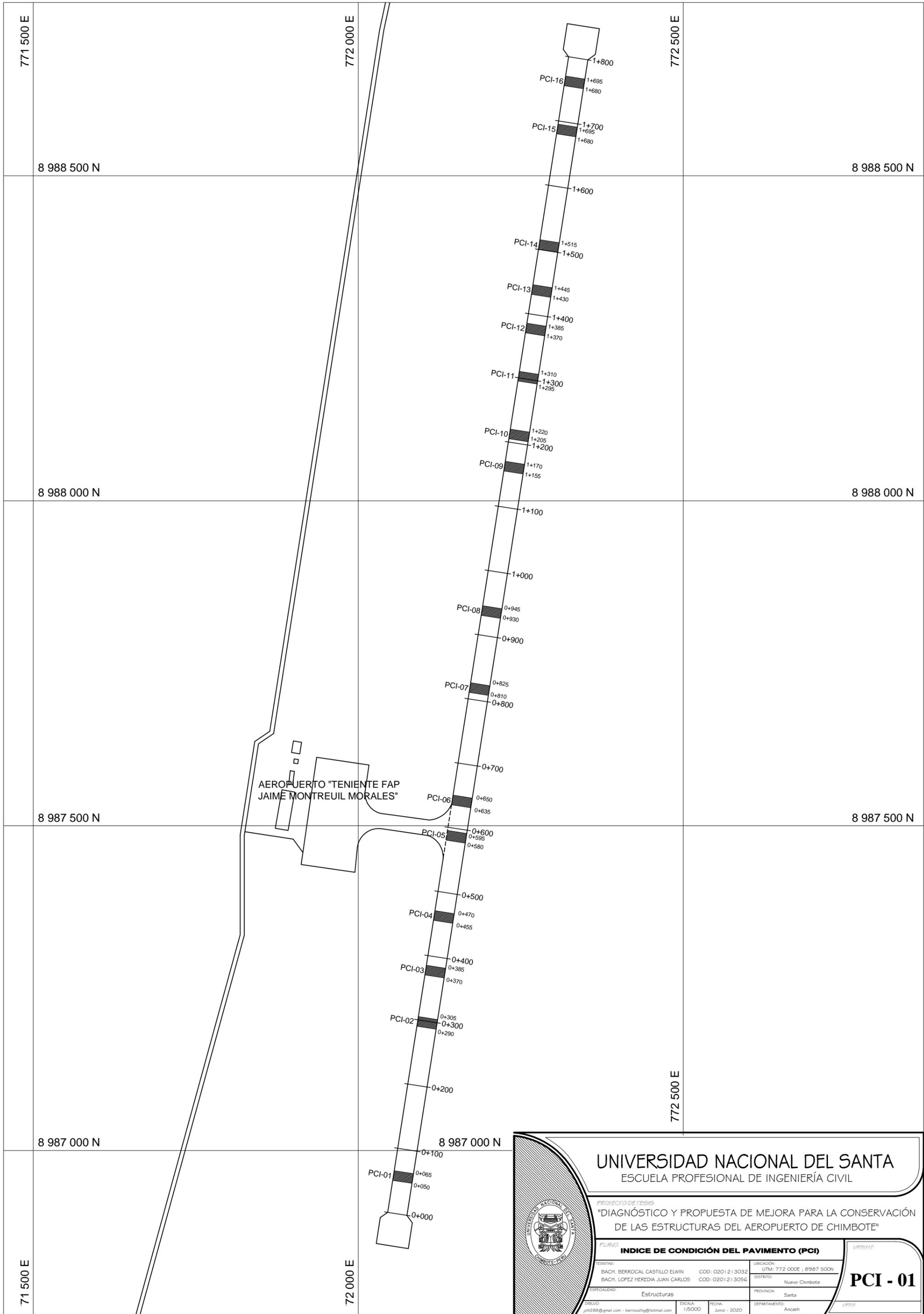
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS
"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACIÓN
DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE"



PLANO: UBICACIÓN DE CALICATAS		AUTORIDAD	
TESISTAS: BACH. BERROCAL CASTILLO ELWIN COD: 0201213032 BACH. LOPEZ HEREDIA JUAN CARLOS COD: 0201213056		UBICACIÓN: UTM: 772 000E ; 8987 500N DISTRITO: Nuevo Chimbote	
ESPECIALIDAD: Estructuras		PROVINCIA: Santa	
DEPARTAMENTO:		DEPARTAMENTO:	
FECHA:	ESCALA:	FECHA:	ESCALA:

CA - 01



AEROPUERTO "TENIENTE FAP
JAIME MONTREUIL MORALES"



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE TESIS
"DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DEL AEROPUERTO DE CHIMBOTE"

PLANO
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

PCI - 01

TESIS: BACH. BERROCAL CASTILLO ELWIN BACH. LOPEZ HEREDIA JUAN CARLOS	COD: 0201213032 COD: 0201213056	UBICACIÓN: UTM: 772 000E ; 8987 500N DISTRITO: Nuevo Chimbote
ESPECIALIDAD: Estructuras		PROVINCIA: Santa
DIBUJO: jcl288@gmail.com - berrocalhg@hotmail.com		DEPARTAMENTO: Ancash
ESCALA: 1/5000	FECHA: Junio - 2020	LAYOUT

