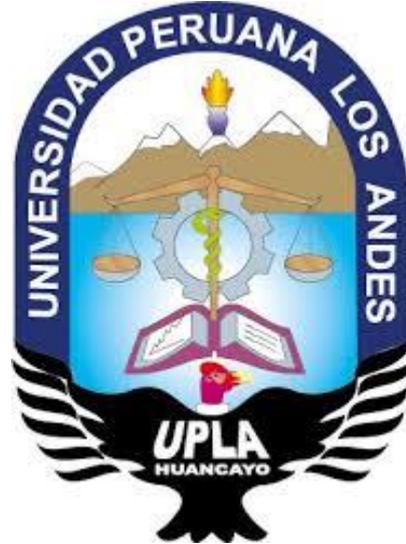


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**INCORPORACIÓN DE REFUERZOS CONTINUOS
EN PAVIMENTO RÍGIDO PARA AEROPUERTO EN
LA CIUDAD DE HUANCAYO - 2019**

PRESENTADO POR:

Bach: CHUQUILLANQUI RODRIGUEZ, JEAN MARCO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

TRANSPORTE Y URBANISMO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2022

ING. JULIO FREDY PORRAS MAYTA
ASESOR

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi familia y a una persona muy especial que en todo momento estuvo a mi lado en los buenos y malos momentos

Bach: Chuquillanqui Rodríguez, J. Marco

AGRADECIMIENTO:

A todos los que estuvieron presente durante mi vida académica.

Bach: Chuquillanqui Rodríguez, J. Marco

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
JURADO

ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA
JURADO

ING. DAYANA MARY MONTALVÁN SALCEDO
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

INDICE GENERAL

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS.....	5
INDICE GENERAL.....	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Justificación	16
1.3.1. Justificación social	16
1.3.2. Justificación teórica.....	16
1.3.3. Justificación metodológica	17
1.4. Delimitación	17
1.4.1. Espacial.....	17
1.4.2. Temporal.....	17
1.4.3. Económica.....	17
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo general.....	17
1.5.2. Objetivos específicos	17
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.1.1. Antecedente internacional	19
2.1.2. Antecedente nacional.....	21
2.2. Bases teóricas.....	24
2.2.1. Refuerzo continuo	24
2.2.2. Propiedades mecánicas del concreto	26
2.2.3. Ensayos de laboratorio	38
2.3. Definición de términos básicos	39
2.4. Hipótesis.....	41
2.4.1. Hipótesis general.....	41

2.4.2. Hipótesis específicas.....	41
2.5. Variables.....	41
2.5.1. Variable independiente (X).....	41
2.5.2. Variable dependiente (Y).....	41
CAPÍTULO III.....	43
METODOLOGÍA.....	43
3.1. Método de investigación.....	43
3.2. Tipo de investigación.....	43
3.3. Nivel de investigación.....	43
3.4. Diseño de la investigación.....	44
3.5. Población y muestra.....	44
3.5.1. Población.....	44
3.5.2. Muestra.....	44
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.6.1 Técnicas de recolección de datos.....	45
3.6.2 Instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7. Técnicas de procesamiento.....	45
3.8. Análisis de datos.....	45
3.9. Procedimiento de la investigación.....	45
3.9.1. Elaboración del concreto.....	45
3.9.2. Elaboración de especímenes.....	50
3.9.3. Ensayos del concreto endurecido.....	51
3.9.4. Pavimento rígido y refuerzos continuos.....	52
CAPÍTULO IV.....	63
RESULTADOS.....	63
4.1 Presentación de resultados.....	63
4.1.1 Resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo.....	63
4.1.2 Resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo.....	65
4.2 Prueba de hipótesis.....	67
4.2.1 Resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo.....	67
CAPÍTULO V.....	79
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	79
5.1 Discusión de resultados.....	79

5.2.1 Resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo	80
5.2.2 Resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo	83
CONCLUSIONES.....	88
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tamaño de malla y porcentaje de peso el agregado fino	28
Tabla 2. Operacionalización de variables	42
Tabla 3. Tratamiento de muestras.....	44
Tabla 4. Cantidad de materiales en seco – Teórico ($M_r = 45\text{kg/cm}^2$)	46
Tabla 5. Cantidad de materiales corregidos por humedad y peso unitario ($M_r = 45\text{kg/cm}^2$).....	46
Tabla 6. Cantidad de materiales en seco – Teórico ($M_r = 50\text{kg/cm}^2$)	47
Tabla 7. Cantidad de materiales corregidos por humedad y peso unitario ($M_r = 50\text{kg/cm}^2$).....	47
Tabla 8. Cantidad de materiales en seco – Teórico ($M_r = 55\text{kg/cm}^2$)	48
Tabla 9. Cantidad de materiales corregidos por humedad y peso unitario ($M_r = 55\text{kg/cm}^2$).....	48
Tabla 10. Espesor de losa sin refuerzo continuo (M_r teórico y f'_c de laboratorio)	63
Tabla 11. Espesor de losa con refuerzo continuo (M_r teórico y f'_c de laboratorio)	64
Tabla 12. Espesor de losa sin refuerzo continuo (M_r y f'_c de laboratorio).....	65
Tabla 13. Espesor de losa con refuerzo continuo (M_r y f'_c de laboratorio)	66
Tabla 14. Diseño de bloques completamente al azar - espesor sin refuerzo....	68
Tabla 15. Análisis de varianza – espesor de losa sin refuerzo	70
Tabla 16. Prueba de Duncan - espesores de losa sin refuerzo – según Módulo de rotura	71
Tabla 16. Prueba de Duncan - espesores de losa sin refuerzo – según el tiempo de curado del concreto.....	72
Tabla 18. Diseño de bloques completamente al azar - espesor con refuerzo...73	73
Tabla 19. Análisis de varianza – espesor de losa con refuerzo	75
Tabla 20. Prueba de Duncan - espesores de losa con refuerzo – según Módulo de rotura	77
Tabla 21. Prueba de Duncan - espesores de losa con refuerzo – según el tiempo de curado del concreto.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pavimento de concreto con refuerzo continuo.....	25
Figura 2. Esquema del comportamiento de pavimentos.....	35
Figura 3. Elementos del pavimento rígido	37
Figura 4. Materiales para la mezcla de concreto (cemento, arena, piedra chancada y agua)	49
Figura 5. Mezcla del concreto	50
Figura 6. Vaciado del concreto para colocación en probetas y vigas prismáticas	50
Figura 7. Espesor de losa sin refuerzo continuo (M_r teórico y f'_c de laboratorio)	64
Figura 8. Espesor de losa con refuerzo continuo (M_r teórico y f'_c de laboratorio)	65
Figura 9. Espesor de losa sin refuerzo continuo (M_r y f'_c de laboratorio)	66
Figura 10. Espesor de losa con refuerzo continuo (M_r y f'_c de laboratorio)	67
Figura 11. Análisis granulométrico - agregado fino	148
Figura 12. Peso específico - agregado fino	148
Figura 13. Contenido de humedad - agregado fino	149
Figura 14. Análisis granulométrico - agregado grueso	149
Figura 15. Peso unitario suelto - agregado grueso	150
Figura 16. Peso específico - agregado grueso	150

RESUMEN

La investigación se planteó como problema general: ¿De qué manera influyen las propiedades mecánicas del concreto en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019?, cuyo objetivo general fue: Establecer la influencia de las propiedades mecánicas del concreto en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019, y la hipótesis a contrastar fue: Las propiedades mecánicas del concreto influyen significativamente en la incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.

El método de investigación fue el científico, tipo aplicada de nivel explicativo y diseño experimental; la población está delimitada por todos los pavimentos rígidos de la provincia de Huancayo, y la muestra la muestra no probabilística estuvo conformada por 36 probetas cilíndricas para el ensayo de resistencia a compresión y 36 vigas prismáticas para el ensayo de resistencia a flexión

Producto de la investigación se concluye que: De acuerdo con los resultados obtenidos de resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido aplicado a aeropuertos, se concluye que dicha propiedad mecánica obtenida de los ensayos en laboratorio influye significativamente en el refuerzo continuo ya que el espesor de la losa diseñada puede ser de 29cm; 31cm o 32cm para los módulos de rotura de 45 kg/cm²; 50kg/cm² y 55kg/cm² respectivamente, donde el diámetro de la varilla fue de 38mm con una longitud de 510mm para los dos primeros módulos de rotura y para el último módulo de rotura el diámetro de la varilla fue de 32mm con una longitud de 460mm, donde además el concreto convencional tuvo un tiempo de curado de 28 días en el que las características y desempeño del concreto son mejores.

intención de implementar el diseño realizado en la presente investigación.

Palabras clave: Propiedades mecánicas del concreto, refuerzos continuos, pavimento rígido

ABSTRACT

The general problem of the research was: How do the mechanical properties of concrete influence the incorporation of continuous reinforcements in rigid pavement in the city of Huancayo, 2019? The general objective was: To establish the influence of the mechanical properties of concrete in the incorporation of continuous reinforcements in rigid pavement in the city of Huancayo, 2019, and the hypothesis to be tested was: The mechanical properties of concrete significantly influence the incorporation of continuous reinforcements in rigid pavement in the city of Huancayo, 2019.

The research method was scientific, applied type of explanatory level and experimental design; the population is delimited by all the rigid pavements of the province of Huancayo, and the non-probabilistic sample consisted of 36 cylindrical specimens for the compressive strength test and 36 prismatic beams for the flexural strength test.

As a result of the investigation, it is concluded that: According to the obtained results of compressive strength in the incorporation of continuous reinforcement in rigid pavement applied to airports, it is concluded that such mechanical property obtained from the laboratory tests significantly influences the continuous reinforcement since the thickness of the designed slab can be 29cm; 31cm or 32cm for the modulus of rupture of 45kg/cm²; 50kg/cm² and 55kg/cm² respectively, where the rod diameter was 38mm with a length of 510mm for the first two modulus of rupture and for the last modulus of rupture the rod diameter was 32mm with a length of 460mm, where also the conventional concrete had a curing time of 28 days in which the characteristics and performance of the concrete are better.

The intention to implement the design carried out in the present investigation.

Keywords: Mechanical properties of concrete, continuous reinforcement, rigid pavement.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada: Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo – 2019, partió de la problemática. El incremento en las operaciones aéreas y en el tamaño y peso de los aviones, ha traído como consecuencia la modificación de criterios de diseño y construcción de pavimentos para aeropuertos y la necesidad de evaluar la capacidad de carga de los ya existentes para definir si debe acudirse a medidas de reacondicionamiento como las capas de refuerzo. También se hace necesaria la evaluación en el caso de problemas relativos al diseño los materiales usados o las técnicas de construcción, los cuales introducen dudas o discrepancias sobre el comportamiento de la obra en proceso terminada o pueden manifestarse en un deterioro rápido del pavimento.

Dentro de la infraestructura del medio de transporte aéreo ocupa un lugar importante el pavimento de las pistas de despegue, carreteo, conexiones y plataformas; su estado debe permitir que se realicen con cierto grado de seguridad, economía, eficiencia y comodidad las operaciones terrestres y las de transición aire - tierra – aire, o sea aterrizaje, maniobras, carga, descarga y mantenimiento. Los pavimentos de aeropuertos son sistemas estructurales complejos que abarcan muchas variables incluyendo diversas combinaciones de configuración geométrica, ambiente, construcción, materiales, cargas, mantenimiento, economía y comportamiento.

Ante esta situación en el marco aplicativo y normativo, el autor de la presente tesis de investigación aborda las variables: refuerzo continuo y pavimento rígido - aeropuerto, que al operacionalizar y correlacionar respectivamente en la unidad de análisis nos darán una nueva perspectiva en las ciencias de la ingeniería Civil cuales serán un aporte para la ciudad de Huancayo. para una mejor comprensión de la investigación esta está dividida en cinco capítulos cuyo contenido de los mismos es el siguiente.

Capítulo I, problema de investigación: Se desarrollan el planteamiento del problema; formulación y sistematización del problema: problema general, y específicos; justificación practica o social, metodológica; delimitaciones: espacial, temporal, económica; limitaciones: de información, económica; finalmente el objetivo general y específicos.

El capítulo II, comprende: Marco teórico, antecedentes de la investigación, seguidamente se da a conocer el marco conceptual, definición de términos, de igual manera se da a conocer la hipótesis general y específica, finalmente se enuncian las variables, definición conceptual de la variable, definición operacional de la variable y la operacionalización de la variable

El capítulo III, Metodología: Método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

El capítulo IV, comprende: Resultados, descripción del trabajo de campo, presentación de resultados, contrastación de resultados.

El capítulo V, Está referido a la discusión de resultados.

Finalmente se da a conocer las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El incremento en las operaciones aéreas y en el tamaño y peso de los aviones, ha traído como consecuencia la modificación de criterios de diseño y construcción de pavimentos para aeropuertos y la necesidad de evaluar la capacidad de carga de los ya existentes para definir si debe acudirse a medidas de reacondicionamiento como las capas de refuerzo. También se hace necesaria la evaluación en el caso de problemas relativos al diseño los materiales usados o las técnicas de construcción, los cuales introducen dudas o discrepancias sobre el comportamiento de la obra en proceso o terminada o pueden manifestarse en un deterioro rápido del pavimento.

Dentro de la infraestructura del medio de transporte aéreo ocupa un lugar importante el pavimento de las pistas de despegue, carreteo, conexiones y plataformas; su estado debe permitir que se realicen con cierto grado de seguridad, economía, eficiencia y comodidad las operaciones terrestres y las de transición aire - tierra – aire, o sea aterrizaje, maniobras, carga, descarga y mantenimiento. Los pavimentos de aeropuertos son sistemas estructurales complejos que abarcan muchas variables incluyendo diversas combinaciones de configuración geométrica, ambiente, construcción, materiales, cargas, mantenimiento, economía y comportamiento.

Ante esta situación en el marco aplicativo y normativo, el autor de la presente tesis de investigación aborda las variables: refuerzo continuo y pavimento rígido - aeropuerto, que al operacionalizar y correlacionar respectivamente en la unidad de análisis nos darán una nueva perspectiva en las ciencias de la ingeniería Civil cuales serán un aporte para la ciudad de Huancayo.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera influyen las propiedades mecánicas del concreto en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿De qué manera influye la resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019?

b) ¿De qué manera influye la resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación social

Según (BERNAL, 2010), la justificación social o práctica existe cuando el desarrollo de la investigación propone estrategias que al aplicarse pretenden contribuir al problema.

De acuerdo con lo mencionado en el párrafo anterior, la presente investigación contribuye en el desarrollo y la mejora del pavimento para un adecuado desempeño de las naves en el campo de aterrizaje y estacionamiento de estas, con la finalidad de no afectar los vuelos de los usuarios de las líneas aéreas.

1.3.2. Justificación teórica

Según (CASTRO, 2016), la justificación teórica señala la importancia que tiene la investigación de un problema en el desarrollo de una teoría científica; el cual implica indicar si el estudio permitirá realizar una innovación científica.

En ese sentido se evaluarán las propiedades mecánicas del pavimento rígido en diferentes resistencias con la incorporación de los refuerzos continuos, debido a que el concreto tiene un comportamiento diferente de acuerdo a la resistencia para la que es diseñada.

1.3.3. Justificación metodológica

Según (BERNAL, 2010), la justificación metodológica se describe cuando el proyecto de investigación propone una nueva estrategia para la generación de conocimiento válido y confiable.

La incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en el aeropuerto se evaluará en el concreto con diferentes resistencias a flexión como 45kg/cm^2 ; 50kg/cm^2 y 55kg/cm^2 las cuales se refieren de esta capacidad ya que los pavimentos en aeropuertos tienen mayor capacidad de carga frente a los pavimentos rígidos de carreteras.

1.4. Delimitación

1.4.1. Espacial

La investigación, se realizó en:

Región: Junín

Provincia: Huancayo

Distrito: Huancayo

1.4.2. Temporal

La investigación está planificada para llevarse a cabo en el año 2019

1.4.3. Económica

Los gastos que se generen para el desarrollo de la investigación serán cubiertos por el tesista.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Establecer la influencia de las propiedades mecánicas del concreto en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la influencia de la resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.

- b) Determinar la influencia de la resistencia a flexión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedente internacional

Según (ACUÑA, y otros, 2013), en la tesis titulada “Supervisión y Control de la Obra Rodaje Golfo 2º Etapa y obras complementarias Aeropuerto Internacional Benito Juárez, Ciudad de México”. Con el objetivo de planificar el proyecto conforme a la estructura de la Residencia – Contratista y Supervisión. La investigación manifiesta que con la planeación, proyecto y construcción se obtuvieron resultados donde los itinerarios seguidos por las aeronaves tienen como finalidad disminuir las distancias, el tiempo de rodaje y su costo, asimismo la calle de rodaje, evita la necesidad de tener que dar instrucciones complicadas y originar confusiones al piloto, se utiliza un recorrido en línea recta para facilitar el rodaje de la aeronave a la máxima velocidad que le sea posible; de igual manera se evitó cruzar las pistas u otras calles de rodaje, para reducir la posibilidad de que ocurran demoras importantes en el rodaje.

Según (BÓRQUEZ, 2014), en la tesis para optar el título de Ingeniero Civil en Obras Viales sustentó la tesis titulada “Diseño de la estructura de pavimento de la pista del aeródromo de Panguipulli”. Con el objetivo de determinar el espesor total de la estructura del pavimento junto a los espesores individuales de las capas de mezcla asfáltica en caliente, base y sub base, basada en el análisis de suelo realizado en el aeródromo de Panguipulli y normativas de diseño utilizadas por el

Ministerio de Obras Públicas. En el desarrollo de la investigación, el diseño del pavimento se basó en la caracterización del suelo y su capacidad de soporte, como también en la frecuencia de viajes de las aeronaves considerando que la vida útil de la pista de aterrizaje tiene 20 años. Como resultado de la investigación, se tuvo las dimensiones de la estructura del pavimento con un CBR igual a 13 y humedad óptima de 7.8%, base chancada de 14cm de espesor y capa de rodadura de 6cm de espesor compuesta por agregados del tipo IV y cemento asfáltico B60/70. Llegó a la conclusión de que los pavimentos aeroportuarios soportan grandes cargas y no se pueden admitir fallas, por lo que se debe considerar la seguridad en todas las etapas de diseño, como también elegir el tipo de estructura adecuada para las condiciones del terreno que se tengan ya que el diseño del pavimento se realizó con el programa FAARFIELD que requiere la información del terreno.

Según (GARCÍA, 2014), para obtener el grado de Ingeniero Civil, sustentó la tesis titulada "Diseño de pavimentos para aeropistas". Con el objetivo de realizar el diseño de distintas estructuras de pavimento capaces de resistir las cargas presentes en una aeropista perteneciente a un aeropuerto en el que se llevan a cabo un número importante de movimientos al año, así como obtener la resistencia relativa de cada uno de los diseños. Para hacer posible la investigación, el autor realizó el diseño utilizando el programa FAARFIELD el cual requiere de la información del terreno como capacidad de soporte y tipo de suelo donde se va a realizar el pavimento para el aeropuerto. Como resultado de la investigación de que las estructuras para el caso de pavimentos flexibles están compuestas de subrasante mejorada entre 5cm y 80.71cm de espesor, base de agregado triturado entre 10cm a 25cm de espesor, base asfáltica entre los 20cm y 35cm de espesor y superficie asfáltica de 12.7cm de espesor; para el caso de pavimentos rígidos la estructura está compuesta por subrasante mejorada de 90cm de espesor, sub base de agregado triturado de 20cm de espesor y una

losa de concreto entre los 40.36cm a 44.97cm de espesor. Llegó a la conclusión de que los diseños de pavimentos más desfavorables fueron en suelos de baja calidad, por lo que se requiere del uso de suelos buenos para el diseño de pavimentos rígidos en aeropuertos y así evitar mayores inversiones económicas.

2.1.2. Antecedente nacional

Según (MARTÍNEZ, y otros, 2009) para optar el título profesional de Ingeniero Civil, sustentó la tesis titulada “Rehabilitación de pavimentos para el aeropuerto del Cusco usando modificadores de asfalto”. Con el objetivo de plantear una alternativa de solución a fin de que el pavimento puede cumplir su vida útil proyectada debido a las condiciones propias del emplazamiento del aeropuerto. Para el desarrollo de la investigación realizó estudios de topografía, suelos y pavimentos; tomó en consideración el tráfico aéreo, tráfico de diseño y su proyección, aeronave crítica de diseño para el diseño del pavimento en el aeropuerto mencionado, como también hizo uso del programa COMFAA y del mismo modo se realizaron pruebas y ensayos al asfalto. Como resultado del diseño de rehabilitación del pavimento en el aeropuerto obtuvo valores de CBR de 5.1% a 11% en las diferentes secciones de pistas de aterrizaje, para el pavimento en las calles de acceso los espesores obtenidos fueron 48cm en la subbase granular, 40cm en la base granular, 12.5cm en la carpeta asfáltica, para el pavimento en la plataforma de estacionamiento los espesores obtenidos son 20cm en la subbase granular, 20cm con econoconcreto y 35.5cm de losa de concreto de Cemento Portland, finalmente los espesores, para las capas de diseño de pavimento de concreto para una base sin estabilizar, son de 14plg de losa de concreto y 10plg de espesor de base granular. Llegó a la conclusión de que para la reconstrucción de pavimentos existentes y construcción de pavimentos nuevos es necesario la estabilización del terreno para la conformación de la subrasante. Por otro lado,

recomienda que en zonas de elevados grados se debe de solucionar con un sistema de drenaje eficiente.

Según (AQUIJE, 2011) para la obtención del título profesional en Ingeniería Civil, sustentó la tesis titulada “Evaluación de los pavimentos de la pista de aterrizaje, calles de rodaje y plataforma de estacionamiento del aeropuerto de Talara”. Con el objetivo de determinar el estado del pavimento en términos de su integridad estructural y su nivel de servicio para plantear alternativas y técnicas de solución. Para hacer posible la investigación, el autor revisó información de referente al tema, desarrolló la evaluación superficial, funcional y estructural de los pavimentos mencionados usando la metodología OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) y FAA (Federal Aviation Administration), ejecutó 8 prospecciones geotécnicas en los bordes de la pista de aterrizaje para conocer las propiedades físico – mecánicas de los estratos existentes. Como resultado de los ensayos de laboratorio se tiene que los estratos del pavimento presentan irregularidades y la calidad de los materiales que fueron empleados no son los recomendados por las normas del OACI, el valor del CBR del terreno es de 4.9% al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) siendo un valor bajo, los espesores de asfalto en la pista de aterrizaje determinados a partir de extracciones diamantinas presentan medidas variables que van desde los 2.5cm a 20cm de espesor los cuales registraron un promedio de 4.8% de contenido de cemento asfáltico, se debe reconocer que el aeropuerto mencionado fue sometido a constantes recapeos y que fue construido en 1956 superando los 50 años de servicio, cabe resaltar que el PCI (Índice de Condición del Pavimento) para la pista de aterrizaje es de 20 un valor bajo correspondiente a la escala de muy pobre y que de acuerdo con el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos se debe de reconstruir el pavimento, en las calles de rodaje el valor del PCI fue de 36 correspondiente a una calificación pobre y en la plataforma el valor del PCI fue de 46 con una calificación de regular; por otro lado para verificar las condiciones de seguridad y así evitar el riesgo de hidroplaneo en las superficies se realizaron ensayos de microtextura

y macrotextura en el cual se obtuvieron resultados por encima de los mínimos permisibles. Como resultado de la deflexión de pavimento los resultados superaron el límite máximo permitido para pavimentos aeroportuarios. Llegó a la conclusión de que el pavimento ha perdido las características originales del tratamiento superficial para el que fue diseñado y que la irregularidad de los valores obtenidos puede generar daños a los neumáticos en el frenado antiderrape.

Según (DELGADO, y otros, 2012) para optar el título de Ingeniero Civil, las autoras sustentaron la tesis titulada "Diseño del pavimento de un aeropuerto". Con el objetivo de diseñar el pavimento del área de movimiento de un aeropuerto ubicado en Punta Hermosa utilizando el método FAA. Para hacer posible la investigación realizó estudios de suelos, tráfico, pluviométrico, de canteras y fuentes de agua para el diseño de pavimentos en aeropuertos; en cuanto al estudio de tráfico las autoras recopilaron información acerca de la frecuencia de viajes la cual comprende el número de salidas anuales, como también la selección de la aeronave más pesada ya que en función a dicha aeronave se realizará el diseño más aceptable; cabe resaltar que se realizaron dos diseños para el pavimento que es el flexible y rígido. Como resultado de la investigación, se obtuvieron los espesores de un pavimento flexible para condiciones críticas, los cuales son; 14.5cm de espesor en la capa de rodadura, 23cm en la capa base o firme y 25.8cm en la subbase o cimentación; los espesores para el pavimento rígido ya que se trabajaron para diferentes espesores de subbase es así que los espesores fueron para el primer caso 44cm en la capa de rodadura, 25cm para la capa subbase; para el segundo caso 43cm en la capa de rodadura y 30cm en la capa de subbase y para el tercer caso 43cm en la capa de rodadura y 35cm en la capa de subbase además realizó un análisis de costos para estos caso en los que se obtuvo s/.175.00 para el m² de pavimento rígido del primer caso, s/. 173.00 para el segundo caso y s/. 174.00 para el tercer caso de pavimento rígido. Llegó a la conclusión de que para el diseño del pavimento no es necesario el cálculo de la aeronave más pesada ya

que el peso no es el único dato que influye en el diseño sino también el número de salidas, además de que se eligió el pavimento rígido como la mejor alternativa frente al pavimento flexible, ya que tiene durabilidad, resistencia a los derrames de combustible de avión y que es amigable con el medio ambiente.

Según (DELGADO, y otros, 2019) para optar el título profesional de Ingeniero Civil, sustentaron la tesis titulada “Diseño del pavimento en el área de movimiento del aeropuerto Morrope - Lambayeque”. Con el objetivo de diseñar el pavimento en el área de movimiento del aeropuerto Morrope en Lambayeque. Para el desarrollo de la investigación realizó el levantamiento topográfico del lugar en estudio, ensayos de mecánica de suelos, también realizaron el estudio pluviométrico de la zona de estudio. Como resultado de la investigación, el espesor total para el pavimento flexible diseñado fue de 75cm, el cual está compuesto de capas de rodadura de 5cm hasta 15cm para las zonas críticas y no críticas, espesor de 15cm a 20cm para la capa base en las zonas mencionadas y espesores de 40cm a 55cm de capa subbase en las zonas mencionadas; para el caso del pavimento rígido el espesor de la losa de concreto oscila entre los 30cm a 55cm y el espesor de la capa base oscila entre los 20cm y 45cm. Llegó a la conclusión de que la mejor alternativa para el diseño de pavimento es el flexible basándose en el costo de ejecución de la obra.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Refuerzo continuo

El refuerzo continuo se emplea en pavimentos sin juntas de contracción, debido a que dicho refuerzo asume todas las deformaciones y especialmente las de temperatura; el refuerzo principal es el acero longitudinal que se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento, por otro lado, el refuerzo transversal puede no ser requerido para los pavimentos de concreto (HERRERA, y otros, 2019).

En la siguiente figura, se puede observar la estructura de un pavimento de concreto con refuerzo continuo.

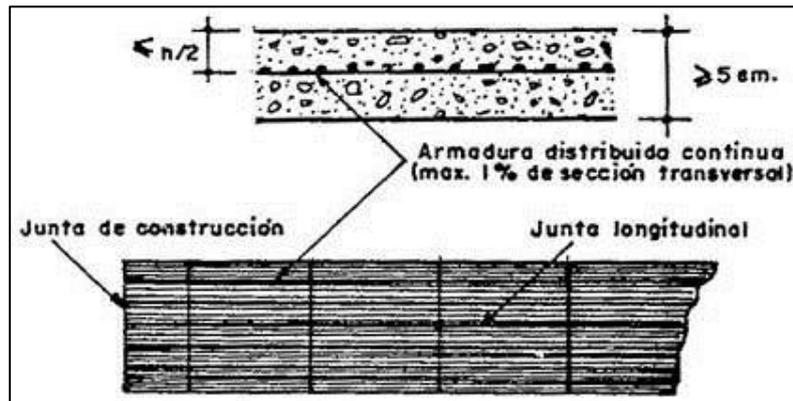


Figura 1. *Pavimento de concreto con refuerzo continuo*

Fuente: (CivilGeek, 2011)

Por otro lado, es importante mencionar que en los pavimentos de concreto o también denominados pavimentos rígidos el refuerzo de acero asume las tensiones de tracción y compresión, siendo posible la reducción del espesor de las losas desde 10cm hasta 12cm, las cuales se usan en pisos industriales o donde las losas deben resistir cargas de gran magnitud (CivilGeek, 2011).

De acuerdo con (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014), los refuerzos continuos son conocidos como pasadores o dowells que incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados en las que dichos refuerzos son barras de acero liso donde el diámetro aproximado es de 1/8" del espesor de la losa.

Los factores que deben considerarse para un diseño de este tipo, son los mismos que para el caso de pavimentos de carreteras. Debe tenerse en cuenta que el ancho de las grietas que se produzcan es definitivo en el buen comportamiento del pavimento reforzado. Debe colocarse suficiente hierro para permitir que las grietas permanezcan cerradas y proporcionar transferencia de cargas a través de ellas. En la mayor parte de los lugares se acostumbra emplear una cuantía de hierro de 0.6%, aunque se ha recomendado aumentar dicho valor a 0.7% ó 1.0% en climas fríos. En lo que se refiere al diseño de

espesores, no se permite, por lo general, efectuar ninguna reducción en relación con los obtenidos en los diseños de pavimentos de concreto simple (MONTEJO, y otros, 2011).

2.2.2. Propiedades mecánicas del concreto

Es el comportamiento mecánico o las propiedades mecánicas de un material, reflejan la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material, estas se evaluarán a partir de tres tipos de concreto sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y flexión y partir de las tendencias de los resultados, se proponen correlaciones numéricas para estimar las propiedades mecánicas básicas de los concretos, tales como módulo de elasticidad, resistencia a tensión indirecta y resistencia a tensión por flexión. (Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo, 2012 pág. 297).

2.2.2.1. Materiales del concreto

a. Cemento

“El cemento es un conglomerante hidráulico, es decir, es un material inorgánico o mineral que, después de ser pulverizado finamente y amasado a continuación con agua, forma una pasta que, por reacciones y procesos de hidratación, fragua y endurece manteniendo, incluso bajo el agua, su resistencia y estabilidad” (SENCICO, 2014). Para (PORTUGAL, 2007) las propiedades físicas y mecánicas del cemento son:

- **Peso específico:** El peso específico del cemento corresponde al material en estado compacto. Su valor suele variar para los cementos Pórtland normales entre 3.0 y 3.2. 16.
- **Superficie específica (finura):** La finura de un cemento es función del grado de molienda del mismo y está íntimamente ligado a su valor hidráulico. Puesto que la hidratación de los granos de cemento ocurre desde la superficie hacia el interior, el área superficial total de las partículas de cemento constituye el material de hidratación. La importancia de la finura de un cemento

radica en la influencia que puede tener sobre la velocidad de hidratación, la resistencia inicial y el calor generado.

- **Fraguado:** se refiere a un cambio del estado fluido al estado rígido. Aunque durante el fraguado la pasta adquiere cierta resistencia, para efectos prácticos es conveniente distinguir el fraguado del endurecimiento, pues este último término se refiere al incremento de resistencia de una pasta de cemento fraguada.
- **Resistencias mecánicas:** La resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulta más obvia en cuanto a los requisitos para usos estructurales. Por lo tanto, no es sorprendente que las pruebas de resistencia estén indicadas en todas las especificaciones del cemento.
- **Compacidad de los cementos:** La compacidad es una característica usualmente asociada a la mecánica de suelos, sin embargo, la particularidad de las mezclas de concreto de usar materiales granulares abarcan este concepto, el cual ha sido recientemente usado para caracterizar a los cementos y su interacción con los aditivos plastificantes y superplastificantes.

b. Agregado fino

Según (POLANCO, 2014) los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o

susceptibles de resquebrajarse son indeseables (POLANCO, 2014).

- Granulometría del agregado fino

Los requisitos de la norma ASTM C 33, permiten un rango relativamente amplio en la granulometría del agregado fino, pero las especificaciones de otras organizaciones son a veces más limitantes. La granulometría más conveniente para el agregado fino, depende del tipo de trabajo, de la riqueza de la mezcla, y del tamaño máximo del agregado grueso.

En mezclas más pobres, o cuando se emplean agregados gruesos de tamaño pequeño, la granulometría que más se aproxime al porcentaje máximo que pasa por cada criba resulta lo más conveniente para lograr una buena trabajabilidad.

En general, si la relación agua-cemento se mantiene constante y la relación de agregado fino a grueso se elige correctamente, se puede hacer uso de un amplio rango en la granulometría sin tener un efecto apreciable en la resistencia (POLANCO, 2014).

En la siguiente tabla, se puede observar el tamaño de malla y el porcentaje de peso para el agregado fino.

Tabla 1. *Tamaño de malla y porcentaje de peso el agregado fino*

Tamaño de la malla	Porcentaje que pasa en peso
9.52 mm (3/8")	100
4.75 mm (N°04)	95 a 100
2.36 mm (N°08)	80 a 100
1.18 mm (N°16)	50 a 85
0.60 mm (N°30)	25 a 60
0.30 mm (N°50)	10 a 30
0.15 mm (N°100)	2 a 10

Fuente: (POLANCO, 2014).

- Módulo de fineza del agregado fino

Según la NTP 400.012 se define el módulo de finura es un índice aproximado del tamaño medio de las partículas de los agregados, siendo proporcional con el grosor del agregado se usa para controlar la uniformidad de los agregados además sirve como medida de valor lubricante del agregado dado, en el entendimiento que, cuando mayor es el módulo de finura, menos será el valor lubricante, igualmente menor la demanda de agua por área superficial.

$$M.F = \%Acum.ret \frac{11/2'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100}$$

- Peso específico del agregado fino

Para (POLANCO, 2014) es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas.

$$peso\ específico\ masa = \frac{Peso\ Seco}{V\ recipiente - V\ agua\ añadida\ en\ recipiente}$$

- Absorción del agregado fino

Según la NTP 400.021 es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera "seco" cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de 100 °C ± 5 °C por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

$$\%Absorción = \frac{500 + Peso\ Seco}{Peso\ Seco} \times 100$$

- Contenido de humedad del agregado fino

Para (POLANCO, 2014) es la cantidad de agua que posee una muestra de agregado fino, con respecto al peso de la muestra. Esta prueba se lleva a cabo antes de hacer una mezcla de concreto, con el fin de hacer los ajustes en la cantidad de agua de mezclado.

$$w = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de arean seca}} \times 100$$

- **Peso unitario del agregado fino**

El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen al que se hace referencia, es ocupado por los agregados y los vacíos entre las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 kg/m³ a 1,760 kg/m³

Fuente especificada no válida..

$$P_{vss} = \frac{W_m}{V_r}$$

- **Impurezas orgánicas en el agregado fino**

Según la NTP 400.024, 1999 el agregado fino que no demuestre presencia nociva de materia orgánica cuando se determine conforme el ensayo colorimétrico de (Impurezas Orgánicas) de carácter cualitativo, se deberá considerar satisfactorio. Mientras que el agregado fino que no cumpla con el ensayo anterior, podrá ser usado si al determinarse impurezas orgánicas, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95%.

c. Agregado grueso

- **Granulometría del agregado grueso**

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

- **Tamaño máximo del agregado grueso**
De acuerdo a la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.
- **Tamaño máximo nominal del agregado grueso**
De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo nominal del agregado nominal del agregado no deberá ser mayor de:
 - Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
 - Un tercio del peralte de las losas.
 - Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tenciones, o ductos de pre esfuerzo.
- **Peso unitario del agregado grueso**
Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos, el procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017, 2011. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Dentro del Peso Unitario podemos destacar dos casos: Peso Unitario Suelto y el Peso Unitario Compacto.
- **Peso específico del agregado grueso**
La NTP 400.021 define que es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de

un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas.

$$\text{peso específico} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso sss} - \text{peso en agua de la muestra}}$$

- Absorción y contenido de humedad del agregado grueso

Según (SÁNCHEZ, 2001) la absorción y el contenido de humedad se puede obtener mediante las siguientes fórmulas:

$$\% \text{Absorción} = \frac{\text{Peso sss} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

$$\% \text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso muestra natural} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

- Agua de mezclado

Según (CARRASCO, y otros, 2019) el agua de mezclado, está compuesta por el agua agregada al elaborar un pastón más la proveniente de la humedad superficial de los agregados, siendo sus principales funciones:

- Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación.
- Actuar como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla fresca.
- Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación.

La cantidad de agua necesaria para una adecuada trabajabilidad del concreto, siempre es mayor a la cantidad necesaria para la hidratación completa del cemento (22-25 %). Es muy importante el aspecto cuantitativo del agua de mezclado.

2.2.2.2. Propiedades mecánicas de materiales

- Curva esfuerzo – deformación

Cuando el material es isótropo, homogéneo y su comportamiento en el rango elástico obedece a una

relación lineal entre las cargas aplicadas y las deformaciones generales, es relativamente sencillo predecir el comportamiento mecánico del mismo por medio de la mecánica de materiales clásica (LAMUS, y otros, 2014).

Sin embargo, muchos materiales mantienen dicha linealidad solo en rangos de deformaciones y esfuerzos muy pequeños, inclusive algunos nunca la presentan, y para definir su comportamiento mecánico se hace necesario conocer las relaciones entre las deformaciones y los esfuerzos impuestos mediante ensayos (LAMUS, y otros, 2014).

Al obtener esas relaciones de manera experimental se pueden conocer, además de los esfuerzos y deformaciones máximas, los valores de cada rotura del material. Por otra parte, es posible identificar comportamientos elásticos e inelásticos del material determinadas deformaciones (LAMUS, y otros, 2014).

Las relaciones esfuerzo deformación más significativas en los métodos de diseño son obtenidas a partir de ensayos en los cuales es fácil correlacionar los esfuerzos normales promedio con las deformaciones unitarias longitudinales, como lo son los ensayos de tracción y compresión uniaxial (LAMUS, y otros, 2014).

Otro parámetro de interés que puede obtenerse a partir de las curvas esfuerzo – deformación es el módulo de elasticidad, el cual generalmente puede calcularse como la pendiente inicial de esta curva, cuando el material presenta linealidad en el rango elástico (LAMUS, y otros, 2014).

- Rango elástico e inelástico

Para caracterizar el comportamiento mecánico de los materiales es importante identificar los límites de los

rangos dentro de los cuales los materiales se comportan (LAMUS, y otros, 2014).

Los materiales en estado sólido al estar bajo acción de esfuerzos presentan cambios de forma. Mientras el material sea capaz de recuperar su forma luego de que los esfuerzos han sido retirados, se dice que el mismo se encuentra en el rango elástico (LAMUS, y otros, 2014).

En general se habla de un límite elástico como la pareja de esfuerzo y deformación a partir de la cual el material comienza a sufrir modificaciones en su estructura interna o daño, las cuales se manifiestan mediante deformaciones permanentes en los elementos estructurales. Estas modificaciones normalmente implican una degradación en la rigidez del material, lo que se refleja en una disminución del módulo de elasticidad (LAMUS, y otros, 2014).

Cuando el material es isótropo, homogéneo y su comportamiento en el rango elástico obedece a una relación lineal entre las cargas aplicadas y las deformaciones generales, es relativamente sencillo predecir el comportamiento mecánico del mismo por medio de la mecánica de materiales clásica (LAMUS, y otros, 2014).

Sin embargo, muchos materiales mantienen dicha linealidad solo en rangos de deformaciones y esfuerzos muy pequeños, inclusive algunos nunca la presentan, y para definir su comportamiento mecánico se hace necesario conocer las relaciones entre las deformaciones y los esfuerzos impuestos mediante ensayos (LAMUS, y otros, 2014).

2.2.2.3. Pavimento rígido

Según (AASHTO) un pavimento rígido o de concreto está compuesta por una losa de concreto simple o armado apoyada directamente sobre una base o subbase. Debido a la rigidez y alto módulo de elasticidad de la losa, esta absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento, lo que genera una buena distribución de las cargas de las ruedas, teniendo como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. A diferencia de los pavimentos flexibles, que al tener menor rigidez transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo que trae como consecuencia mayores tensiones en la subrasante, como se puede observar en la siguiente figura.

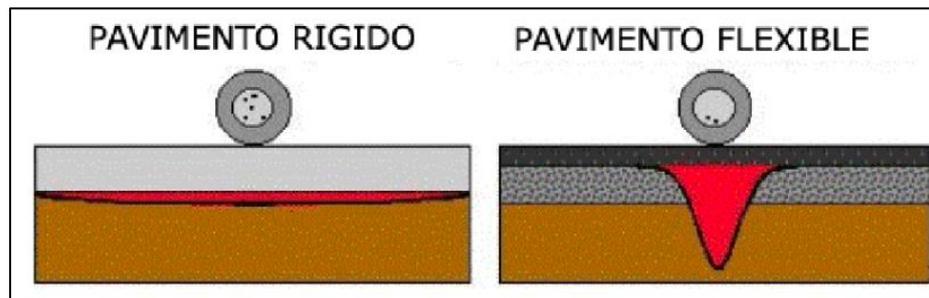


Figura 2. *Esquema del comportamiento de pavimentos*

Fuente: (HERRERA, y otros, 2019)

Los elementos que conforman un pavimento rígido son: subrasante, subbase y losa de concreto; en las siguientes líneas se describirá cada uno de los elementos del pavimento rígido.

- **Subrasante**

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, sobre el cual se puede construir un pavimento; la función de la subrasante es brindar un apoyo razonablemente uniforme sin cambios bruscos en el valor soporte; es decir que es importante que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una capacidad de soporte alta, además de tener cuidado con la expansión de suelos.

- **Subbase**

Es la proporción de la estructura del pavimento rígido que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida, consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; siendo la principal función de la subbase, prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua y tráfico pueden generar el bombeo, dichas condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. A continuación, se describen otras funciones que debe describir la subrasante:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo de reacción de la subrasante (K).
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

- **Losa**

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento se debe determinar en base a los ensayos de laboratorio y por experiencia previa de resistencia y durabilidad. Se sugiere emplear concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo – deshielo, sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

En la siguiente figura, se puede observar el esquema representativo de los elementos que conforma un pavimento de concreto o también conocido como pavimento rígido.

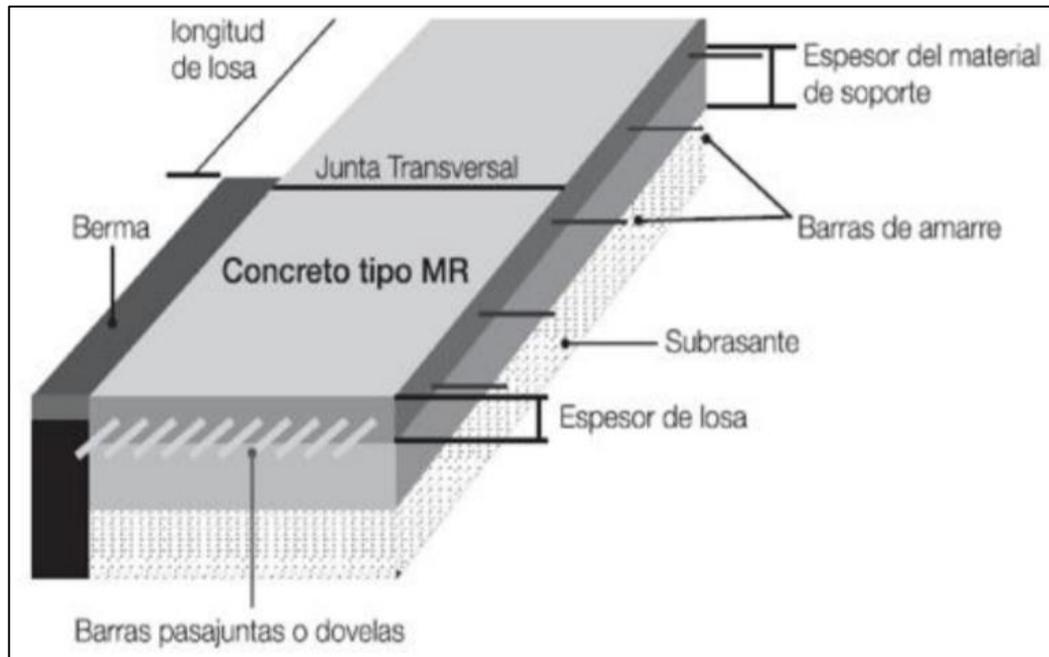


Figura 3. Elementos del pavimento rígido

Fuente: (MARTÍNEZ, 2018)

2.2.2.4. Diseño de un pavimento

A) Diseño estructural de un pavimento rígido para aeropuerto

Igual que para el caso de diseño de pavimentos flexibles, la FAA ha elaborado unas curvas para el diseño de la estructura en las áreas críticas. Los espesores allí obtenidos pueden también reducirse cuando se trate de pavimentos de áreas no críticas. En el diseño de un pavimento rígido, por este método, interviene una serie de factores a saber: magnitud de las cargas, geometría del tren principal de aterrizaje de los aviones, volumen esperado de tránsito y propiedades de la subrasante, la subbase y el concreto con el que se construirá las losas (MONTEJO, y otros, 2011).

B) Método de la FAA

Igual que para el caso de diseño de pavimentos flexibles, la FAA ha elaborado unas curvas para el diseño de la estructura en las áreas críticas. Los espesores allí obtenidos pueden también reducirse cuando se trate de

pavimentos de áreas no críticas. En el diseño de un pavimento rígido, por este método, interviene una serie de factores a saber: magnitud de las cargas, geometría del tren principal de aterrizaje de los aviones, volumen esperado de tránsito y propiedades de la subrasante, la subbase y el concreto con el que se construirá las losas (MONTEJO, y otros, 2011).

2.2.3. Ensayos de laboratorio

2.2.3.1. Resistencia a la compresión

Es una de las propiedades del concreto endurecido que está relacionado con: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión y resistencia a los sulfatos. “La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a la compresión. Esta se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga.” (Prueba de resistencia a la compresión del concreto, 2015)

2.2.3.2. Resistencia a la flexión

Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto. Este factor es importante en estructuras de concreto simple, como las losas de pavimentos, “este parámetro es aplicado en estructuras tales como pavimentos rígidos; debido a que los esfuerzos de compresión que resultan en la superficie de contacto entre las llantas de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de las mismas, la cual en el peor de los casos puede llegar a ser de 5 o 6 kg/cm²”. (RIVERA, 2010).

2.3. Definición de términos básicos

Las bases conceptuales que a continuación se detallan son recopiladas del “Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vías del Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (agosto 2008), a continuación, se detalla:

- Aditivo: Producto químico o mineral que modifica una o más propiedades de un material o mezcla de éstas.
- Aire incorporado: Burbujas microscópicas de aire intencionalmente incorporadas por un aditivo en morteros o concretos durante el mezclado, generalmente mediante el uso de un agente activo de superficie; típicamente burbujas entre 10 μm (0,01 mm) y 1 000 μm (1 mm), de forma esférica o aproximadamente esférica.
- Agregado: Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.
- Agregado fino: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.
- Agregado grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).
- Análisis granulométrico o mecánico: Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.
- Cemento Portland: Es un producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de yeso natural.
- Certificado de control de calidad: Documento que permite conocer los resultados de ensayos de laboratorio o de campo, durante el proceso constructivo de una carretera.

- Control de calidad: Pruebas técnicas para comprobar la correcta ejecución de las diferentes etapas o fases de un trabajo con relación a las especificaciones técnicas o requisitos específicos establecidos.
- Concreto portland: Mezcla de material aglomerante (cemento Portland y agua) y agregados fino y grueso. Pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.
- Fraguado: Proceso de una mezcla de concreto o mortero para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.
- Granulometría: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.
- Impermeabilidad: Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.
- Pavimento Rígido: Constituido por cemento Pórtland como aglomerante agregado y de ser el caso aditivo.
- Resistencia a Compresión: Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo.
- Slump: Medición del asentamiento del concreto con el Cono de Abrams. Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes.
- Testigo: Una muestra cilíndrica de concreto endurecido, de mezcla bituminosa compactada y endurecido usualmente obtenida por medio de una broca diamantina de una máquina extractora.
- Trabajabilidad: La facilidad con que las mezclas de pavimentación y de otras obras de infraestructura vial pueden ser colocadas y compactadas.
- Vida útil: Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las propiedades mecánicas del concreto influyen significativamente en la incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.

2.4.2. Hipótesis específicas

a) La resistencia a la compresión influye significativamente en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.

b) La resistencia a la flexión influye significativamente en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.

2.5. Variables

2.5.1. Variable independiente (X)

Propiedades mecánicas del concreto - Pavimento rígido en aeropuertos:

Las propiedades mecánicas del concreto se obtienen del concreto en estado endurecido, que se define como la capacidad para soportar esfuerzos externos los cuales pueden ser a compresión, tracción, flexión y cortante (TERREROS, y otros, 2016).

2.5.2. Variable dependiente (Y)

Refuerzo continuo

Los refuerzos continuos, son utilizados en los pavimentos rígidos para producir concretos reforzados longitudinalmente con barras de acero sin el corte de juntas transversales de contracción, con la finalidad de evitar el agrietamiento y garantizar el buen desempeño del pavimento (Análisis estocástico de pavimentos de concreto con refuerzo continuo, 2014).

Tabla 2. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTES	INSTRUMENTOS
Pavimento rígido en aeropuertos: Propiedades mecánicas	Las propiedades mecánicas del concreto se obtienen del concreto en estado endurecido, que se define como la capacidad para soportar esfuerzos externos los cuales pueden ser a compresión, tracción, flexión y cortante (TERREROS, y otros, 2016)	Resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión en concreto (Kg/cm ²)	Manual de ensayos - NTP 339.078	Equipo para el ensayo de compresión de probetas de concreto
		Resistencia a la flexión	Ensayo de resistencia a la flexión en concreto (Kg/cm ²)	Manual de ensayos - NTP 339.078	Equipo para el ensayo de flexión de vigas de concreto
Refuerzo continuo	Los refuerzos continuos, son utilizados en los pavimentos rígidos para producir concretos reforzados longitudinalmente con barras de acero sin el corte de juntas transversales de contracción, con la finalidad de evitar el agrietamiento y garantizar el buen desempeño del pavimento (Análisis estocástico de pavimentos de concreto con refuerzo continuo, 2014)	Incorporación de refuerzo	Cantidad de refuerzo: - Diámetro de refuerzo. - Longitud de refuerzo	Diseño de pavimento	Hoja de diseño de pavimento

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Según (SÁNCHEZ, y otros, 2015), afirma que el método es el proceso de indagación para tratar un conjunto de problemas que no conocemos y es la manera de sistematizada de hacer uso del pensamiento reflexivo; incluyendo la solución de problemas de la sociedad que aún no han sido investigados o llevan hacia otra dirección.

En ese sentido, la presente investigación es científica ya que se desarrollará de manera organizada y sistemática la información y los resultados necesarios para hacer posible la investigación.

3.2. Tipo de investigación

De acuerdo con (El Peruano, 2015), en el tipo de investigación aplicada se pone en práctica los conocimientos adquiridos para el beneficio de una determinada población.

El tipo de investigación es aplicada, porque se pone en práctica los conocimientos adquiridos para el beneficio de los usuarios de los aeropuertos, es decir tanto para los transportistas como para los pasajeros.

3.3. Nivel de investigación

El alcance o nivel de la investigación es explicativo, ya que “está dirigido a responder por las causas de los efectos y fenómenos físicos o sociales”, además se contará con un grupo de tratamiento control y grupos experimentales (HERNÁNDEZ, 2014).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental, debido a que “la esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción, para analizar sus posibles resultados”, es así que la investigación desarrollará la manipulación de las propiedades mecánicas de concreto en el pavimento rígido para aeropuerto sobre la incorporación de los refuerzos continuos (HERNÁNDEZ, 2014).

$$GE: O_1 \times O_2$$

$$GC: O_3$$

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Según (CASTRO, 2016), la población es la totalidad de elementos que conforman la realidad que se va a investigar.

La población está delimitada por todos los pavimentos rígidos de la provincia de Huancayo.

3.5.2. Muestra

Según (CASTRO, 2016), la muestra es parte de la población la cual se selecciona por métodos diversos y representa a la población.

En ese sentido, la muestra de la investigación es no probabilística e intencional por lo que se encuentra compuesta por 36 probetas cilíndricas para el ensayo de resistencia a compresión y 36 vigas prismáticas para el ensayo de resistencia a flexión.

En la siguiente tabla, se puede observar el tratamiento de las muestras.

Tabla 3. *Tratamiento de muestras*

N° de Muestra	T1	T2	T3	T4
1	X1	Y1	Z1	W1
2	X2	Y2	Z2	W2
3	X3	Y3	Z3	W3
	\bar{X}	\bar{Y}	\bar{Z}	\bar{W}

Fuente: Elaboración propia

Donde:

M1: Módulo de rotura de 45 kg/cm²

M2: Módulo de rotura de 50 kg/cm²

M3: Módulo de rotura de 55 kg/cm²

T1: Tratamiento para el concreto curado a los 7 días

T2: Tratamiento para el concreto curado a los 14 días

T3: Tratamiento para el concreto curado a los 21 días

T4: Tratamiento para el concreto curado a los 28 días

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos será no documental, ya que se recolectará información de los experimentos realizados en laboratorio.

3.6.2 Instrumentos de recolección de datos

Y el instrumento de recolección de datos estará conformada por fichas de observación y resultados de los ensayos que serán realizados para la validación de la investigación.

3.7. Técnicas de procesamiento

El procesamiento de los datos de estudio con respecto a la influencia de la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido será realizado mediante hojas de cálculo lo cual se utilizó la herramienta Office: Microsoft Excel.

3.8. Análisis de datos

El análisis obtenido de los resultados de laboratorio se presentará a través de gráficos de barra o histogramas, gráficos de líneas y gráficos de dispersión. Del mismo modo, se empleará la herramienta SPSS22 para realizar la prueba de hipótesis que validen la investigación.

3.9. Procedimiento de la investigación

3.9.1. Elaboración del concreto

A) Diseño de mezcla Mr=45 kg/cm²

Asentamiento – slump	5 pulgadas
Factor de cemento	7.5 bolsas de cemento /m ³ de concreto
Relación agua – cemento de diseño:	0.680

En las siguientes tablas, se pueden apreciar las proporciones de los materiales en seco – teóricos y corregidos por humedad y peso unitario respectivamente.

Tabla 4. *Cantidad de materiales en seco – Teórico ($M_r = 45\text{kg/cm}^2$)*

Material	Materiales secos x m ³		
	Cantidad	Unidad	Descripción
Agua	215	L	Potable
Cemento	316	kg	Andino Tipo I
Agregado fino	837	kg	Río Mantaro - Sicaya (Arena gruesa)
Agregado grueso	914	kg	Tres de diciembre - Chupaca (Piedra chancada de 3/4")
Total	2282	kg/m³	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. *Cantidad de materiales corregidos por humedad y peso unitario ($M_r = 45\text{kg/cm}^2$)*

Material	Materiales corregidos por humedad y peso unitario x m ³		
	Cantidad	Unidad	Descripción
Agua	224	L	Potable
Cemento	317	kg	Andino Tipo I
Agregado fino	850	kg	Río Mantaro - Sicaya (Arena gruesa)
Agregado grueso	920	kg	Tres de diciembre - Chupaca (Piedra chancada de 3/4")
Total	2311	kg/m³	

Fuente: Elaboración propia

B) Diseño de mezcla $M_r=50\text{ kg/cm}^2$

Asentamiento – slump	5 pulgadas
:	
Factor de cemento	7.7 bolsas de cemento /m ³ de
:	concreto
Relación agua – cemento de	0.630
diseño:	

En las siguientes tablas, se pueden apreciar las proporciones de los materiales en seco – teóricos y corregidos por humedad y peso unitario respectivamente.

Tabla 6. *Cantidad de materiales en seco – Teórico (Mr = 50kg/cm²)*

Material	Materiales secos x m ³		
	Cantidad	Unidad	Descripción
Agua	205	L	Potable
Cemento	325	kg	Andino Tipo I
Agregado fino	845	kg	Río Mantaro - Sicaya (Arena gruesa)
Agregado grueso	923	kg	Tres de diciembre - Chupaca (Piedra chancada de 3/4")
Total	2298	kg/m³	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. *Cantidad de materiales corregidos por humedad y peso unitario (Mr = 50kg/cm²)*

Material	Materiales corregidos por humedad y peso unitario x m ³		
	Cantidad	Unidad	Descripción
Agua	215	L	Potable
Cemento	327	kg	Andino Tipo I
Agregado fino	859	kg	Río Mantaro - Sicaya (Arena gruesa)

Agregado grueso	930	kg	Tres de diciembre - Chupaca (Piedra chancada de 3/4")
Total	2331	kg/m³	

Fuente: Elaboración propia

C) Diseño de mezcla $M_r=55 \text{ kg/cm}^2$

Asentamiento – slump 5 pulgadas

:

Factor de cemento 8.7 bolsas de cemento /m³ de

:

concreto

Relación agua – cemento de 0.580

diseño :

En las siguientes tablas, se pueden apreciar las proporciones de los materiales en seco – teóricos y corregidos por humedad y peso unitario respectivamente.

Tabla 8. Cantidad de materiales en seco – Teórico ($M_r = 55 \text{ kg/cm}^2$)

Material	Materiales secos x m ³		
	Cantidad	Unidad	Descripción
Agua	210	L	Potable
Cemento	362	kg	Andino Tipo I
Agregado fino	824	kg	Río Mantaro - Sicaya (Arena gruesa)
Agregado grueso	900	kg	Tres de diciembre - Chupaca (Piedra chancada de 3/4")
Total	2296	kg/m³	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Cantidad de materiales corregidos por humedad y peso unitario ($M_r = 55 \text{ kg/cm}^2$)

Material	Materiales corregidos por humedad y peso unitario x m ³		
	Cantidad	Unidad	Descripción
Agua	222	L	Potable
Cemento	368	kg	Andino Tipo I

Agregado fino	848	kg	Río Mantaro - Sicaya (Arena gruesa)
Agregado grueso	918	kg	Tres de diciembre - Chupaca (Piedra chancada a de 3/4")
Total	2356	kg/m³	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, en las siguientes figuras se puede apreciar el desarrollo de la mezcla del concreto.



Figura 4. Materiales para la mezcla de concreto (cemento, arena, piedra chancada y agua)

Fuente: Elaboración propia



Figura 5. Mezcla del concreto

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Vaciado del concreto para colocación en probetas y vigas prismáticas

Fuente: Elaboración propia

De otro lado, se debe mencionar que en los resultados de los ensayos de materiales y del diseño de mezcla se adjuntan en el Anexo 2 y Anexo 3 respectivamente.

3.9.2. Elaboración de especímenes

Procedimiento:

- Llenado de la muestra en el molde en 3 capas de igual volumen y compactado por capa con 25 golpes.
- Aplicación de golpes con la comba de goma los lados del recipiente de 10 a 15 veces después de cada capa.
- Enrasado y limpieza del contorno del molde.

Normatividad:

- NTP 339.034

3.9.3. Ensayos del concreto endurecido

A) Curado de probetas de concreto

Procedimiento:

- Desmoldado de las probetas al cabo de 20 +/- 4h después de moldeados.
- Colocación de las probetas en una solución saturada de agua de cal a una temperatura de 23°C +/- 2°C
- La saturación se puede tener incorporando 2gr de cal hidratada por litro de agua.
- Normatividad:
- NTP 339.183

B) Ensayo de resistencia a la compresión

Procedimiento:

- Las muestras de ensayo que son para una determinada edad fueron ensayadas dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas.
- Limpieza de las caras de la probeta y colocación en la prensa.
- Aplicación de la carga continuamente y sin detenimiento. La carga fue aplicada a una velocidad de 2.5 +/- 0.5.
- Registro de la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo.
- Normatividad:
- NTP 339.034

C) Ensayo de resistencia a la flexión

Procedimiento:

- La prueba de flexión en los especímenes fue realizada inmediatamente después de ser sacados de la cámara de Curado.
- Se giró el espécimen sobre uno de los lados con respecto a la posición del moldeo y se colocó en los centros del apoyo de los bloques.
- La carga aplicada debe ser entre 3% y 6% de la carga máxima estimada
- Para determinar si existe un vacío entre la muestra y el bloque de aplicación de la carga se tiene que usar láminas de 0.10 mm a 0.40 mm
- Cargar la viga de forma continua y sin impactos.
- Aplicar la carga a una velocidad constante hasta el punto de rotura
- Aplicar la carga a una velocidad de 0.9 MPa/min y 1.2 MPa/min.
- Calcular el módulo de Rotura con la siguiente ecuación:

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

Mr : Módulo de Rotura.

P : carga máxima de rotura indicada por la máquina de Ensayo en N.

L : longitud del tramo, mm.

b : ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

h : altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

Normatividad:

- NTP 339.079:2008
- Es importante mencionar que los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión y flexión se encuentran en el Anexo 4.

3.9.4. Pavimento rígido y refuerzos continuos

Debido a que en el diseño del pavimento rígido en aeropuerto; según la FF.AA. de los Estados Unidos, los espesores son reducidos los cuales van desde las 8 plg a 10 plg, pese a que se cuenta con una de las aeronaves más pesadas de la industria, se procedió a realizar el diseño según el MTC para una mayor carga sobre la aeropista

además de que según la metodología propuesta permite la colocación de refuerzos continuos.

Para el diseño del pavimento rígido, se tomó en consideración las siguientes características.

- CBR = 12.5% (Debido a que para el diseño de pavimentos rígidos se requiere de una subrasante de categoría buena que oscile entre el 105 y 20% según el MTC).
- TP15 = >30 000 000 EE (Mayor carga en vehículos).
- Módulos de rotura de 45 kg/cm²; 50 kg/cm² y 55 kg/cm².
- Datos de ingreso según lo mencionado en los anteriores ítems.

R = 95%	Zr = -1.645	S ₀ = 0.35
P ₀ = 4.50	Pt = 3.00	ΔPSI = 1.50

Donde:

R: Nivel de confiabilidad (Cuadro 14.5 – MTC: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos)

Zr: Desviación estándar normal (Cuadro 14.5 – MTC)

S₀: Desviación estándar (S₀=0.35 – Sugerido por AASHTO)

P₀: Índice de servicialidad inicial (Cuadro 14.4 – MTC)

Pt: Índice de servicialidad final o terminal (Cuadro 14.4 – MTC)

ΔPSI: Diferencial de servicialidad (Cuadro 14.4 – MTC)

A) Procedimiento de diseño – Mr = 45 kg/cm²

En las siguientes líneas se muestra el diseño del pavimento rígido para los 7; 14; 21 y 28 días de curado del concreto, en el que se trabaja con la resistencia a la compresión obtenida de los ensayos realizados.

7 días	f'c =	146.6 kg/cm ²
---------------	-------	--------------------------

* Suelos:

K ₀ =	6	kg/cm ³			
				(60%	
K ₁ =	16	kg/cm ³		CBR)	
h =	15	cm			
K _c =	6.84	kg/cm ³			

$$K_C = 247 \text{ PCI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 45 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 640 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 181618 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 2582608 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

*Espesor de losa:

$$D = 13.75 \text{ plg} \quad 34.93 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.6 \text{ plg} \quad 32.00 \text{ cm}$$

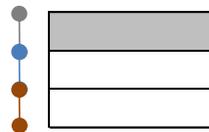
Losa concreto

32.00 cm

S/B

15.00 cm

S/R



$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\phi = 38 \text{ mm}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

14 Días

$$f'_c = 178.7 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \text{ (60\% CBR)}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PCI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 45 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 640 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 200518 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 2851366 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)$$

* Transferencia de cargas:

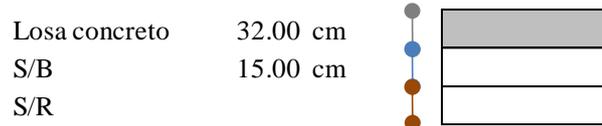
$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

*Espesor de losa:

$$D = 13.81 \text{ plg} \quad 35.08 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.66 \text{ plg} \quad 32.16 \text{ cm}$$



$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\phi = 38 \text{ mm}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

21 Días	$f'_c =$	193.1 kg/cm²
----------------	----------	--------------------------------

* Suelos:

$$\begin{aligned}
 K_0 &= 6 \text{ kg/cm}^3 \\
 K_1 &= 16 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR}) \\
 h &= 15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_C &= 6.84 \text{ kg/cm}^3 \\
 K_C &= 247 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

*

Concreto:

$$\begin{aligned}
 M_r &= 45 \text{ kg/cm}^2 \\
 S_c &= 640 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 15000\sqrt{f'_c} \\
 E_c &= 208441 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_c &= 2964031 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

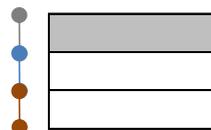
$$\begin{aligned}
 J &= 3.8 \text{ (sin pasadores)} \\
 J_P &= 3.2 \text{ (con pasadores)}
 \end{aligned}$$

*Espesor de losa:

$$\begin{aligned}
 D &= 13.83 \text{ plg} && 35.13 \text{ cm} \\
 D_P &= 12.68 \text{ plg} && 32.21 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Losa concreto
S/B
S/R

32.00 cm
15.00 cm



$$\begin{aligned}
 \phi &= 1 \frac{1}{2}'' \\
 \phi &= 38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

28 días	$f'_c =$	210.3 kg/cm ²
----------------	----------	--------------------------

* Suelos:

K ₀ =	6	kg/cm ³	
K ₁ =	16	kg/cm ³	(60% CBR)
h =	15	cm	
K _c =	6.84	kg/cm ³	
K _c =	247	PCI	

*

Concreto:

Mr =	45	kg/cm ²
Sc =	640	PSI

$$15000\sqrt{f'_c}$$

Ec =

Ec = 217526 kg/cm²

Ec = 3093220 PSI

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

Cd = 1.00 Bueno)

* Transferencia de cargas:

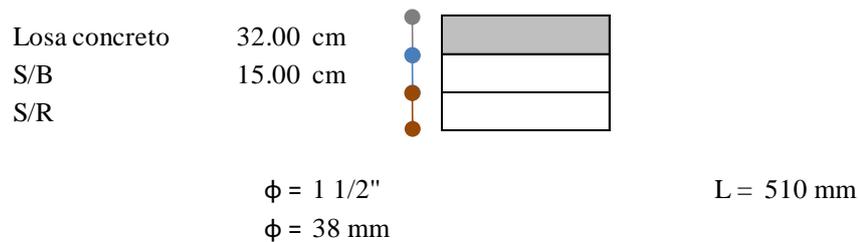
J = 3.8 (sin pasadores)

JP = 3.2 (con pasadores)

*Espesor de losa:

D = 13.85 plg 35.18 cm

D_P = 12.71 plg 32.28 cm



De este modo, es necesario mencionar que los espesores obtenidos para los Módulos de rotura (M_r) de 50 kg/cm^2 y 55 kg/cm^2 , se adjuntan en el Anexo 5.

B) Procedimiento de diseño – $M_r = 45 \text{ kg/cm}^2$

En las siguientes líneas se muestra el diseño del pavimento rígido para los 7; 14; 21 y 28 días de curado del concreto, en el que se trabaja con la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, obtenidas de los ensayos realizados en laboratorio.

$M_r = 45 \text{ kg/cm}^2$

7 días	$f'_c =$	146.6 kg/cm^2
---------------	----------	------------------------

* Suelos:

$K_0 =$	6	kg/cm^3	
$K_1 =$	16	kg/cm^3	(60% CBR)
$h =$	15	cm	
$K_c =$		6.84	kg/cm^3
$K_c =$		247	PCI

* Concreto:

$M_r =$	23.5	kg/cm^2
$S_c =$	334	PSI
$E_c =$	$15000\sqrt{f'_c}$	
$E_c =$	181618	kg/cm^2
$E_c =$	2582607.96	PSI

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:
 Bueno)

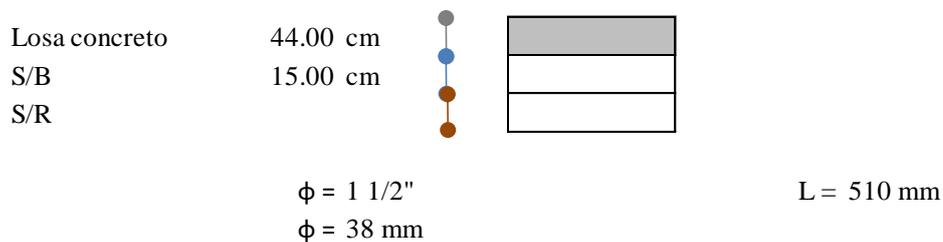
Cd = 1.00

* Transferencia de
 cargas:

J = 3.8 (sin pasadores)
 JP = 3.2 (con pasadores)

*Espesor de losa:

D = 18.96 plg 48.16 cm
 D_P = 17.44 plg 44.30 cm



14 días $f'_c = 178.7\text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

K₀ = 6 kg/cm³
 (60%
 K₁ = 16 kg/cm³ CBR)
 h = 15 cm
 K_C = 6.84 kg/cm³
 K_C = 247 PSI

*

Concreto:

Mr = 36.6 kg/cm²
 Sc = 520 PSI

$$15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c =$$

$$E_c = 200518 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 2851365.96 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de
cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

*Espesor de losa:

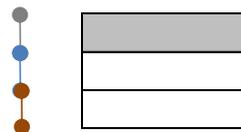
$$D = 15.31 \text{ plg} \quad 38.89 \text{ cm}$$

$$D_P = 14.06 \text{ plg} \quad 35.71 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

36.00 cm

15.00 cm



$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\phi = 38 \text{ mm}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

21 días

$f'_c =$

193.1 kg/cm^2

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

(60%

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \text{ CBR)}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \quad \text{PCI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 41.5 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$S_c = 590 \quad \text{PSI}$$

$$15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c =$$

$$E_c = 208441 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$E_c = 2964031.02 \quad \text{PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \quad \text{Bueno)}$$

* Transferencia de

cargas:

$$J = 3.8 \quad (\text{sin pasadores})$$

$$J_P = 3.2 \quad (\text{con pasadores})$$

*Espesor de losa:

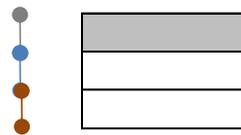
$$D = 14.40 \text{ plg} \quad 36.58 \text{ cm}$$

$$D_P = 13.21 \text{ plg} \quad 33.55 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

34.00 cm

15.00 cm



$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\phi = 38 \text{ mm}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

28 días

$f'_c =$

210.3 kg/cm²

* Suelos:

$$\begin{aligned}
 K_0 &= 6 \text{ kg/cm}^3 && (60\% \\
 K_1 &= 16 \text{ kg/cm}^3 && \text{CBR}) \\
 h &= 15 \text{ cm} \\
 K_C &= 6.84 \text{ kg/cm}^3 \\
 K_C &= 247 \text{ PCI}
 \end{aligned}$$

*

Concreto:

$$\begin{aligned}
 M_r &= 45.1 \text{ kg/cm}^2 \\
 S_c &= 641 \text{ PSI} \\
 E_c &= 15000\sqrt{f'_c} \\
 E_c &= 217526 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_c &= 3093220 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

* Drenaje:

$$\begin{aligned}
 &&& \text{(Condiciones cr\u00edticas - Calidad de drenaje:} \\
 C_d &= 1.00 \text{ Bueno)}
 \end{aligned}$$

* Transferencia de
cargas:

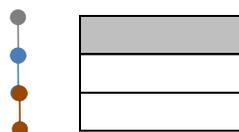
$$\begin{aligned}
 J &= 3.8 \text{ (sin pasadores)} \\
 J_P &= 3.2 \text{ (con pasadores)}
 \end{aligned}$$

*Espesor de losa:

$$\begin{aligned}
 D &= 13.84 \text{ plg} && 35.15 \text{ cm} \\
 D_P &= 12.7 \text{ plg} && 32.26 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Losa concreto
S/B
S/R

32.00 cm
15.00 cm



$\phi = 1 \frac{1}{2}''$
 $\phi = 38 \text{ mm}$

$L = 510 \text{ mm}$

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo

➤ Espesor de losa sin refuerzo continuo

En la siguiente tabla, se muestra los resultados de los espesores de losa sin el refuerzo continuo, para los diferentes Módulos de rotura teóricos en los que se diseñó según la resistencia a la compresión obtenida de los ensayos realizados en laboratorio.

Tabla 10. *Espesor de losa sin refuerzo continuo (Mr teórico y f'c de laboratorio)*

N° muestra	Tiempo de curado del concreto			
	7 días	14 días	21 días	28 días
1	34.93	35.08	35.13	35.18
2	33.22	33.38	33.43	33.48
3	31.75	31.90	31.90	32.00
Promedio	33.30	33.45	33.49	33.55

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, la siguiente figura es la representación gráfica de los espesores sin refuerzo continuo.

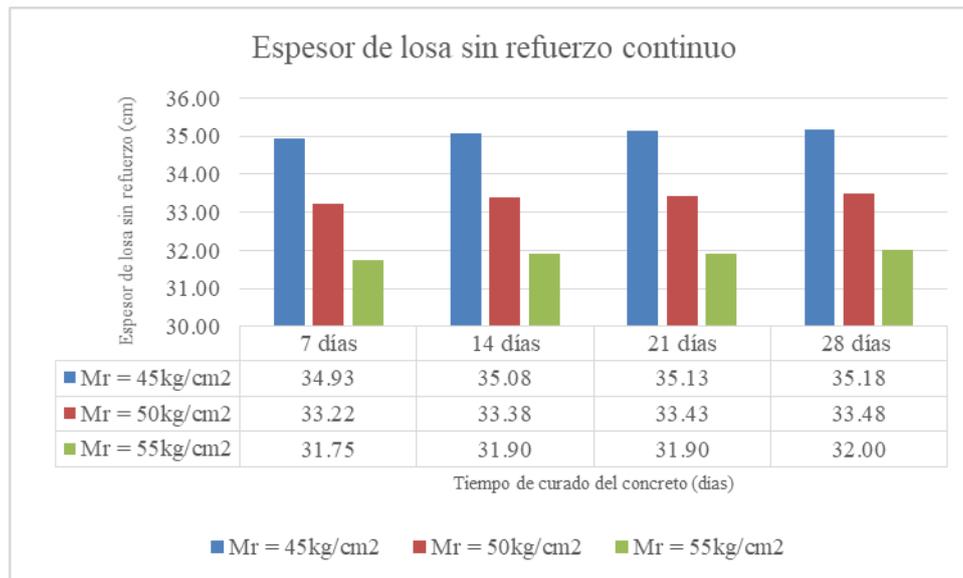


Figura 7. Espesor de losa sin refuerzo continuo (Mr teórico y f'_c de laboratorio)

Fuente: Elaboración propia

➤ Espesor de losa con refuerzo continuo

La siguiente tabla, muestra los resultados de los espesores de losa con el refuerzo continuo, para los diferentes Módulos de rotura teóricos en los que se diseñó según la resistencia a la compresión obtenida de los ensayos realizados en laboratorio.

Tabla 11. *Espesor de losa con refuerzo continuo (Mr teórico y f'_c de laboratorio)*

N° muestra	Tiempo de curado del concreto			
	7 días	14 días	21 días	28 días
1	32.00	32.16	32.21	32.28
2	30.40	30.58	30.63	30.71
3	29.00	29.21	29.24	29.34
Promedio	30.47	30.65	30.69	30.78

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, la siguiente figura muestra la representación gráfica de los espesores con el refuerzo continuo.

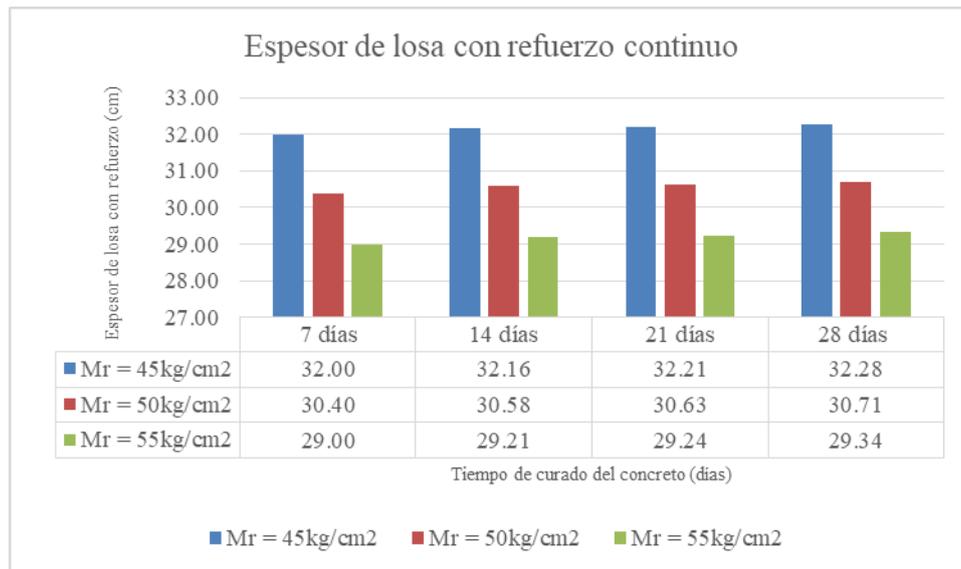


Figura 8. Espesor de losa con refuerzo continuo (Mr teórico y $f'c$ de laboratorio)

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo

➤ Espesor de losa sin refuerzo continuo

En la siguiente tabla, se muestra los resultados de los espesores de losa sin el refuerzo continuo, para los diferentes Módulos de rotura de los resultados de laboratorio en los que también se diseñó según la resistencia a la compresión obtenida de los ensayos realizados en laboratorio.

Tabla 12. *Espesor de losa sin refuerzo continuo (Mr y $f'c$ de laboratorio)*

N° muestra	Tiempo de curado del concreto			
	7 días	14 días	21 días	28 días
1	48.16	38.89	36.58	35.15
2	39.27	37.13	34.85	33.40
3	37.16	35.43	33.20	31.93
Promedio	41.53	37.15	34.88	33.49

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, la siguiente figura es la representación gráfica de los espesores sin refuerzo continuo.

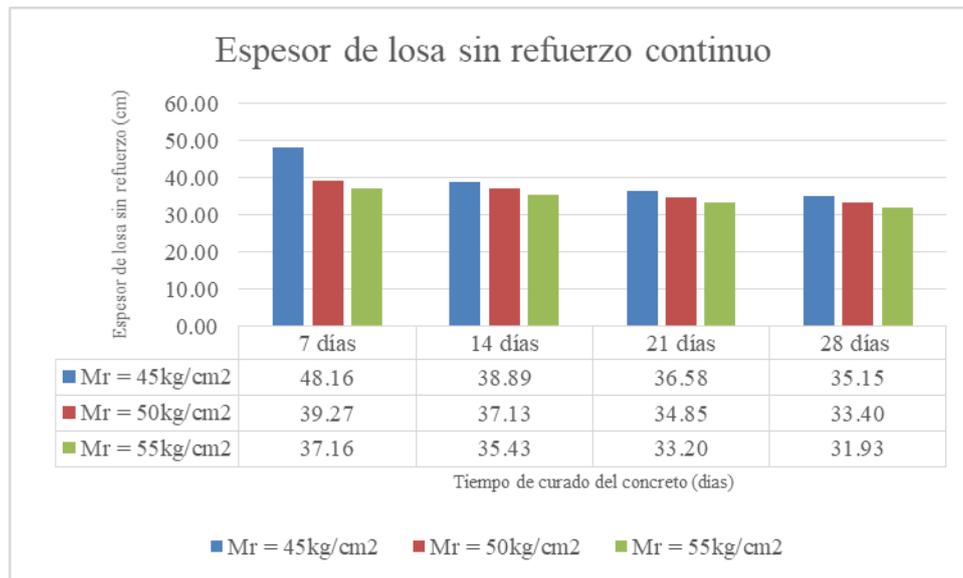


Figura 9. Espesor de losa sin refuerzo continuo (Mr y f_c de laboratorio)

Fuente: Elaboración propia

➤ Espesor de losa con refuerzo continuo

La siguiente tabla, muestra los resultados de los espesores de losa con el refuerzo continuo, para las diferentes resistencias a la flexión y diferentes resistencias a la compresión obtenidas de los ensayos realizados en laboratorio, en los que se emplearon los Módulos de rotura de 45kg/cm², 50kg/cm² y 55kg/cm².

Tabla 13. Espesor de losa con refuerzo continuo (Mr y f_c de laboratorio)

N° muestra	Tiempo de curado del concreto			
	7 días	14 días	21 días	28 días
1	44.30	35.71	33.55	32.26
2	36.07	34.09	31.98	30.63
3	34.11	32.51	30.43	29.26
Promedio	38.16	34.10	31.99	30.72

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, la siguiente figura muestra la representación gráfica de los espesores con el refuerzo continuo.

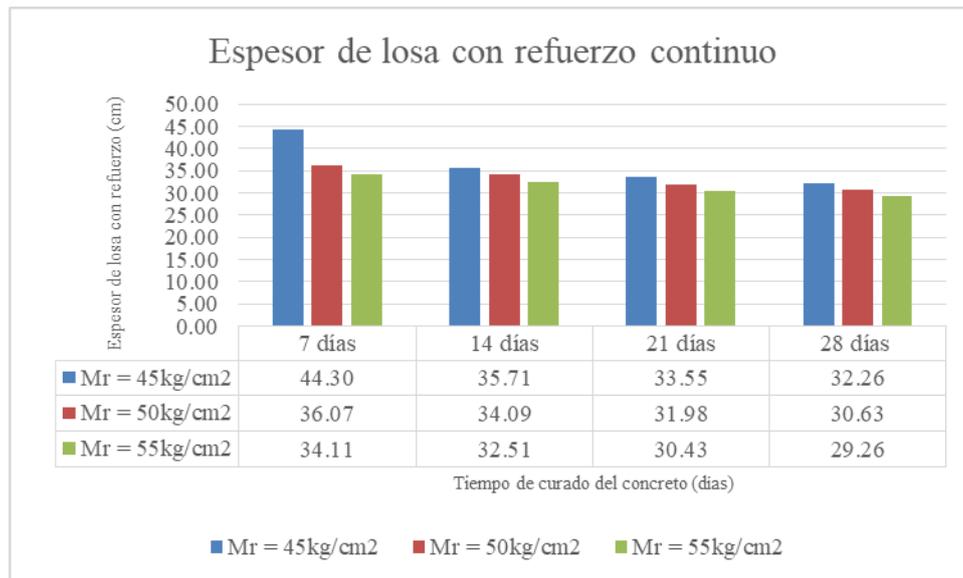


Figura 10. Espesor de losa con refuerzo continuo (Mr y f'c de laboratorio)

Fuente: Elaboración propia

4.2 Prueba de hipótesis

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis, se iniciará con el diseño de bloques completamente al azar de la cual se obtendrá el análisis de varianza y posterior a ello se realizará la prueba de Duncan para determinar la diferencia de las medias de las muestras. De acuerdo con lo mencionado, se muestran los resultados de la prueba de hipótesis para los espesores de la losa de concreto sin el refuerzo continuo y con el refuerzo continuo para los resultados en los que se trabajaron con el módulo de rotura (Mr) y resistencia a la compresión (f'c) de laboratorio.

4.2.1 Resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo

➤ Espesor de losa sin refuerzo continuo

Las hipótesis para el siguiente análisis son las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

A continuación, se muestra la tabla del diseño de bloques completamente al azar para las muestras ensayadas, donde se debe mencionar que las muestras 1; 2 y 3 corresponden a los módulos de rotura de diseño de 45kg/cm², 50kg/cm² y 55kg/cm² respectivamente.

Tabla 14. *Diseño de bloques completamente al azar - espesor sin refuerzo*

	TRATAMIENTOS				
BLOQUES	T1 (7 días)	T2 (14 días)	T3 (21 días)	T4 (28 días)	∑ Trat
1	48.16	38.89	36.58	35.15	158.78
2	39.27	37.13	34.85	33.4	144.65
3	37.16	35.43	33.2	31.93	137.72
∑ Bloque:	124.59	111.45	104.63	100.48	441.15
MEDIA :	41.53	37.15	34.88	33.49	

Fuente: Elaboración propia

n = 3.00 repeticiones t = 4.00

Gran total = 441.15

Promedio general

= 36.76

En las siguientes líneas se muestran las fórmulas correspondientes a la tabla de análisis de varianza que se mostrará posteriormente a los siguientes cálculos estadísticos.

Cálculos estadísticos:

1. Factor de corrección

$$Fc = \frac{x^2}{n * t}$$

$$Fc = 16,217.78$$

2. Suma de cuadrados DEL TOTAL

$$SCTotal = \sum x_{ij}^2 - Fc$$

$$SCT = 196.43$$

3. Suma de cuadrados bloque (SCB)

$$SCB = \left(\frac{\sum x_j^2}{t} \right) - Fc$$

$$SCB = 57.60$$

4. Suma de cuadrados del tratamiento (SCT)

$$SCT = \left(\frac{\sum x_i^2}{n} \right) - Fc$$

$$SCT = 111.37$$

5. Suma de cuadrados del error (SCE)

$$SCE = SCT_{total} - (SCB + SCT)$$

$$SCE = 27.46$$

6. Cálculo de cuadrados medios

6.1. Cuadrado medio de los bloques (CMB)

$$CMB = \frac{SCB}{gl. B}$$

$$gl \text{ Bloque} = glB = 2$$

$$CMB = 28.80$$

6.2. Cuadrado medio del tratamiento (CMT)

$$CMT = \frac{SCT}{gl_T}$$

$$gl \text{ Tratamiento} = glT = 3$$

$$CMT = 37.12$$

6.3. Cuadrado medio del error (CME)

$$CME = \frac{SCE}{gl_E}$$

$$\text{gl Error} = \text{glE} = 6$$

$$\text{CME} = 4.58$$

Tabla 15. *Análisis de varianza – espesor de losa sin refuerzo*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado ($\alpha=0.05$)
Bloques	57.60	2.00	28.80	6.29	5.14
Tratamientos	111.37	3.00	37.12	8.11	4.76
Error	27.46	6.00	4.58		
Total	138.83	11.00			

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación del análisis de varianza:

Según el cuadro del análisis de varianza para el valor $F_c = 6.29$ y $F_t = 5.14$ con $gl_1=2$ y $gl_2=6$, se observa que existe diferencia significativa entre las medias de los bloques (Módulos de rotura) a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Por lo tanto se infiere que los espesores de losa de concreto sin refuerzos continuos a los 7; 14; 21 y 28 días de curado, son diferentes para los módulos de rotura de 45kg/cm^2 , 50kg/cm^2 y 55kg/cm^2 .

Por otro lado, para el valor de $F_c = 8.11$ y $F_t = 4.76$ con $gl_1=3$ y $gl_2=6$, se observa que existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (tiempo de curado del concreto) a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que los diferentes Módulos de rotura del concreto influyen de manera diferente y significativa en los espesores de las losas de concreto sin refuerzo continuo.

➤ Prueba de hipótesis:

A continuación, se desarrolla la prueba de Duncan para determinar la diferencia de las medias de los espesores de losas sin refuerzos continuos.

Tabla 16. *Prueba de Duncan - espesores de losa sin refuerzo – según Módulo de rotura*

Espesor de losa sin refuerzo

Duncan^{a,b}

Módulo de rotura	N	Subconjunto	
		1	2
3,00	4	34,4300	
2,00	4	36,1625	36,1625
1,00	4		39,6950
Sig.		,296	,058

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4,576.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0.05.

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación de la Prueba de Duncan:

De acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis de Duncan, la cual se emplea cuando las medias de las muestras son diferentes, el bloque 1 (Módulo de rotura = 45 kg/cm²) y el bloque 2 (Módulo de rotura = 50 kg/cm²) tienen medias similares, también se debe reconocer que el bloque 2 (Módulo de rotura = 50 kg/cm²) y el bloque 3 (Módulo de rotura = 55 kg/cm²) también tienen medias similares. Por lo que se concluye que el bloque 2 tiene medias similares a los bloques 1 y 3.

➤ Tabla 17. Prueba de Duncan - espesores de losa sin refuerzo – según el tiempo de curado del concreto

➤ **Espesor de losa sin refuerzo**

Duncan^{a,b}

Tiempo de curado del concreto	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	3	33,4933	
3,00	3	34,8767	
2,00	3	37,1500	
1,00	3		41,5300
Sig.		,090	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 4,576.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = 0.05.

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación de la Prueba de Duncan:

De acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis de Duncan, la cual se emplea cuando las medias de las muestras

son diferentes; del cual se tiene que los tratamientos T2, T3 y T4 con los tiempos de curado del concreto de 14; 21 y 28 días, tienen medias similares; mientras que el tratamiento T1 que corresponde a los 7 días de curado del concreto, es estadísticamente diferente a los tratamientos T2; T3 y T4.

➤ **Espesor de losa con refuerzo continuo**

Las hipótesis para el siguiente análisis son las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

A continuación, se muestra la tabla del diseño de bloques completamente al azar para las muestras ensayadas, donde se debe mencionar que las muestras 1; 2 y 3 corresponden a los módulos de rotura de diseño de 45kg/cm², 50kg/cm² y 55kg/cm² respectivamente.

Tabla 18. *Diseño de bloques completamente al azar - espesor con refuerzo*

BLOQUES	TRATAMIENTOS				Σ Trat
	T1 (7 días)	T2 (14 días)	T3 (21 días)	T4 (28 días)	
1	44.30	35.71	33.55	33.55	147.11
2	36.07	34.09	31.98	31.98	134.12
3	34.11	32.51	30.43	30.43	127.48
Σ Bloque:	114.48	102.31	95.96	95.96	408.71
Media:	38.16	34.10	31.99	31.99	

Fuente: Elaboración propia

$$n = 3.00 \quad \text{repeticiones} \quad t = 4.00$$

$$\text{Gran total} = 404.90$$

Promedio general

$$= 33.74$$

En las siguientes líneas se muestran las fórmulas correspondientes a la tabla de análisis de varianza que se mostrará posteriormente a los siguientes cálculos estadísticos.

Cálculos estadísticos:

1. Factor de corrección

$$Fc = \frac{x^2}{n * t}$$

$$Fc = 13,662.00$$

2. Suma de cuadrados DEL TOTAL

$$SCT = \sum x_{ij}^2 - Fc$$

$$SCT = 168.62$$

3. Suma de cuadrados bloque

(SCB)

$$SCB = \left(\frac{\sum x_j^2}{t} \right) - Fc$$

$$SCB = 49.39$$

4. Suma de cuadrados del tratamiento (SCT)

$$SCT = \left(\frac{\sum x_i^2}{n} \right) - Fc$$

$$SCT = 95.65$$

5. Suma de cuadrados del error

(SCE)

$$SCE = SCT_{total} - (SCB + SCT)$$

$$SCE = 23.58$$

6. Cálculo de cuadrados medios

6.1. Cuadrado medio de los bloques (CMB)

$$CMB = \frac{SCB}{gl. B}$$

$$gl \text{ Bloque} = glB = 2$$

$$CMB = 24.69$$

6.2. Cuadrado medio del tratamiento (CMT)

$$CMT = \frac{SCT}{gl_T}$$

$$gl \text{ Tratamiento} = glT = 3$$

$$CMT = 31.88$$

6.3. Cuadrado medio del error (CME)

$$CME = \frac{SCE}{gl_E}$$

$$gl \text{ Error} = glE = 6$$

$$CME = 3.93$$

Tabla 19. *Análisis de varianza – espesor de losa con refuerzo*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrados medios	F calculado	F tabulado ($\alpha=0.05$)
Bloques	49.39	2.00	24.69	6.28	5.14
Tratamientos	95.65	3.00	31.88	8.11	4.76

Error	23.58	6.00	3.93		
Total	119.23	11.00			

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación del análisis de varianza:

Según el cuadro del análisis de varianza para el valor $F_c = 6.28$ y $F_t = 5.14$ con $gl_1=2$ y $gl_2=6$, se observa que existe diferencia significativa entre las medias de los bloques (Módulos de rotura) a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, se infiere que los espesores de losa de concreto con refuerzos continuos a los 7; 14; 21 y 28 días de curado, son diferentes para los módulos de rotura de 45kg/cm^2 , 50kg/cm^2 y 55kg/cm^2 .

Por otro lado, para el valor de $F_c = 8.11$ y $F_t = 4.76$ con $gl_1=3$ y $gl_2=6$, se observa que existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos (tiempo de curado del concreto) a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se infiere que los diferentes Módulos de rotura del concreto influyen de manera diferente y significativa en los espesores de las losas de concreto con refuerzo continuo.

➤ Prueba de hipótesis:

A continuación, se desarrolla la prueba de Duncan para determinar la diferencia de las medias de los espesores de losas con refuerzos continuos.

Tabla 20. *Prueba de Duncan - espesores de losa con refuerzo – según Módulo de rotura*

➤ **Espesor de losa con refuerzo**

Duncan^{a,b}

Módulo de rotura	N	Subconjunto	
		1	2
3,00	4	31,5775	
2,00	4	33,1925	33,1925
1,00	4		36,4550
Sig.		,293	,059

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 3,930.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

b. Alfa = 0.05.

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación de la Prueba de Duncan:

De acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis de Duncan, la cual se emplea cuando las medias de las muestras son diferentes, el bloque 1 (Módulo de rotura = 45 kg/cm²) y el bloque 2 (Módulo de rotura = 50 kg/cm²) tienen medias similares, también se debe reconocer que el bloque 2 (Módulo de rotura = 50 kg/cm²) y el bloque 3 (Módulo de rotura = 55 kg/cm²) también tienen medias similares. Por lo que se concluye que el bloque 2 tiene medias similares a los bloques 1 y 3.

Tabla 21. *Prueba de Duncan - espesores de losa con refuerzo – según el tiempo de curado del concreto*

➤ **Espesor de losa con refuerzo**

Duncan^{a,b}

Tiempo de curado	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	3	30,7167	
3,00	3	31,9867	
2,00	3	34,1033	
1,00	3		38,1600
Sig.		,090	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática
(Error) = 3,930.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = 0.05.

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación de la Prueba de Duncan:

De acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis de Duncan, la cual se emplea cuando las medias de las muestras son diferentes; del cual se tiene que los tratamientos T2, T3 y T4 con los tiempos de curado del concreto de 14; 21 y 28 días, tienen medias similares, en cuanto a los espesores de losa con la incorporación del refuerzo continuo; mientras que el tratamiento T1 que corresponde a los 7 días de curado del concreto, es estadísticamente diferente a los tratamientos T2; T3 y T4.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Discusión de resultados

De acuerdo con el ítem 3.9 de procedimiento de la investigación, en el apartado 3.9.1., se mostró los resultados referentes a la elaboración del concreto el cual contiene el diseño de mezcla para los tres módulos de rotura de 45 kg/cm^2 ; 50 kg/cm^2 y 55 kg/cm^2 en las tablas 4 a 9 tanto para los materiales secos, como para los materiales corregidos por unidad y peso unitario de los agregados; así mismo se debe mencionar que el diseño de mezcla realizado fue para un concreto convencional ya que no se emplearon aditivos u otros materiales que afecten las propiedades mecánicas del concreto que se pretende colocar como pavimento rígido. Cabe mencionar que se emplearon dichos módulos de rotura en el concreto ya que según la bibliografía revisada – antecedentes los diseños de los pavimentos rígidos contemplaron el módulo de rotura de 45 kg/cm^2 para cargas menores.

Por otro lado, se debe mencionar que en el apartado 3.9.4., del pavimento rígido y refuerzo continuo aplicado a aeropuerto, se muestran los resultados del diseño del pavimento en el que se aplicó la metodología según el MTC, debido a que tras realizar el diseño según el método de la FF.AA. de Estados Unidos los espesores obtenidos oscilaron entre 8" y 10" (20.32 cm y 25.40cm respectivamente), los cuales no serían los más adecuados para el pavimento de un aeropuerto en el que las cargas son altas y el periodo de diseño es de 20 años (en el que se tomó en consideración el Aeropuerto Francisco Carle de Jauja - Junín) que tiene como referencia a la aeronave permisible BOEING B – 737 – 400 que tiene un peso permisible de 68 000 kg, en cuanto al aeropuerto se encontró información referente al número de actividades dentro del aeropuerto al día el cual es 2 (salida y llegada), para el cual se consideró que las salidas anuales serían de 365; en cuanto a las

características de la plataforma, la información destaca que la plataforma y el área de maniobras es de asfalto/concreto donde la pista que pertenece al área de maniobras tiene una longitud de 2870 m y un ancho de 45 m.

Continuando con el apartado 3.9.4., se debe mencionar que se realizó el diseño del pavimento rígido para el cual se consideró un valor de capacidad de soporte (CBR) de 12.5% debido a que el pavimento del aeropuerto de Jauja cuenta con un pavimento de asfalto y concreto, también se consideró la máxima carga de vehículos la cual corresponde a $T_{P15} \geq 30\ 000\ 000$ EE. Por otro lado, se debe mencionar que se muestran los resultados en dos partes los cuales corresponden al diseño en el que se considera la resistencia a compresión de laboratorio y la resistencia a flexión teórico, donde se puede apreciar los espesores de losa sin el refuerzo continuo y con el refuerzo continuo que es aquí donde se reduce; en cuanto al siguiente diseño se consideró la resistencia a la flexión y la resistencia a compresión de laboratorio donde también se puede apreciar los espesores de la losa sin el refuerzo continuo y con el refuerzo continuo en el que el espesor de la losa disminuye debido a que el acero absorbe los esfuerzos.

5.2.1 Resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo

Según la tabla 10, en el que se muestran los resultados de los espesores de la losa de concreto sin el refuerzo continuo, para los cuales se trabajó con la resistencia a compresión de laboratorio y la resistencia a flexión (Módulo de rotura) teórico; se puede apreciar para la muestra 1 que corresponde al Módulo de rotura teórico de 45 kg/cm², el espesor de la losa aumenta con el incremento del tiempo de curado del concreto convencional ya que como es de conocer que más tiempo de curado la resistencia del concreto se incrementa y sus características son mejores, misma situación que se puede observar en las muestras 2 y 3 que corresponden a los módulos de rotura de 50 45 kg/cm² y 55 45 kg/cm². Del mismo modo se puede observar la figura 7 en la que se encuentra la representación gráfica de los resultados de la tabla antes mencionada, donde se puede apreciar que el espesor de la losa de concreto sin refuerzo se reduce cuando

el módulo de rotura se incrementa, donde para una losa con módulo de rotura de 45 kg/cm^2 los espesores van desde 34.93cm a 35.18cm; para losas con módulo de rotura de 50 kg/cm^2 los espesores van desde los 33.22cm a 33.48cm y para losas con módulo de rotura de 55 kg/cm^2 los espesores van desde los 31.75cm hasta 32cm.

De tal forma, también es necesario mencionar los resultados de la tabla 11 que corresponde al espesor de losa con refuerzo continuo, en la cual se puede apreciar que el espesor de la losa con refuerzo continuo se reduce en 3cm aproximadamente, es así que para la muestra 1 que corresponde al módulo de rotura de 45 kg/cm^2 los espesores van desde los 32cm a 32.28cm para los 7 y 28 días de curado respectivamente; por otro lado también se debe mencionar la figura 8 en la que se muestra la representación gráfica de la tabla 11, donde se aprecia que el espesor de la losa de concreto con refuerzo continuo se incrementa con el tiempo de curado del concreto convencional, es así que para el módulo de rotura de 50 kg/cm^2 el espesor de la losa va desde los 30.40cm a 30.71cm y para el módulo de rotura de 55 kg/cm^2 el espesor va desde 29cm a 29.24cm.

Por otro lado, se debe mencionar la prueba de hipótesis en el que se aplicó el diseño de bloques completamente al azar el cual estuvo compuesto por bloques y tratamientos, cabe resaltar que en los bloques 1; 2 y 3 se encuentran los módulos de rotura del concreto de 45 kg/cm^2 ; 50 kg/cm^2 y 55 kg/cm^2 respectivamente; mientras que para las tratamientos se trabajó con el tiempo de curado del concreto de 7; 14; 21 y 28 días en el que claramente se observó el incremento de la resistencia a compresión con el tiempo de curado y el incremento del espesor de la losa de concreto diseñada para la aplicación en aeropuerto; y los resultados que se muestran corresponden al espesor de la losa diseñada sin refuerzo continuo. En cuanto a los resultados del diseño de bloques completamente al azar, se determinó que el espesor de la losa sin refuerzo continuo a los 7; 14; 21 y 28 días de curado del concreto son diferentes tal como se mostró en el apartado de los resultados; así mismo quedó demostró la

aceptación de la hipótesis alterna en que los diferentes módulos de rotura del concreto influyen significativamente en el espesor de la losa de concreto. Referente a la prueba de Duncan que se desarrolló con la finalidad de determinar la diferencia de las medias, este se desarrolló en dos partes, uno para los bloques y otro para los tratamientos; es así que para los bloques (módulo de rotura del concreto) se obtuvo que el bloque 1 y el bloque 2 presentaron medias similares, esto en cuanto al espesor de la losa, situación similar es la que ocurre con el bloque 2 y el bloque 3 que también tienen medias de espesores similares pero no iguales que es debido a que los resultados son cercanos; en cuanto a los tratamientos se tuvo que el tratamiento T1 (7 días de curado) es estadísticamente diferente a los tratamientos T2; T3 y T4 (14; 21 y 28 días de curado) que presentaron medias de los espesores de losa similares, ya que a más tiempo de curado las propiedades mecánicas estudiadas en la investigación del concreto son mejores que a los 7 días de curado. Por lo que queda demostrado que las propiedades mecánicas del concreto como resistencia a la compresión y resistencia a la flexión influyen significativamente en la incorporación de refuerzos continuos ya que según los diseños elaborados para un concreto con $M_r = 45\text{kg/cm}^2$ con 28 días de curado el espesor de la losa sin refuerzo es igual a 35.18cm, mientras que para la misma losa con refuerzo continuo el espesor se reduce a 32.28cm \cong 32cm aproximadamente donde se requiere de un pasador de 38mm de diámetro con una longitud de 510mm, para un concreto con $M_r = 50\text{kg/cm}^2$ también con 28 días de curado el espesor de la losa sin refuerzo es igual a 33.48cm, mientras que para la misma losa con refuerzo continuo el espesor se reduce a 30.71cm \cong 31cm aproximadamente donde se requiere de un pasador de 38mm de diámetro con una longitud de 510mm y para un concreto con $M_r = 55\text{kg/cm}^2$ con 28 días de curado el espesor de la losa sin refuerzo es igual a 32.00cm, mientras que para la misma losa con refuerzo continuo el espesor se reduce a 29.34cm \cong 29cm aproximadamente donde se requiere de un pasador de 32mm de diámetro con una longitud de 460mm; y es en función a estos

resultados obtenidos que es posible emplear cualquiera de los concretos tomando en consideración el costo de los materiales a emplear; además de reconocer la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del este material.

5.2.2 Resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo

De acuerdo con la tabla 12 del espesor de losa sin refuerzo continuo en el que se trabajó con el módulo de rotura y resistencia a la compresión de laboratorio, claramente se puede observar que el espesor de la losa se incrementó en los tratamientos T1, T2 y T3, que corresponde a los 7; 14 y 21 días de curado del concreto respectivamente, para los tres módulos de rotura. No obstante, también se debe reconocer que los espesores de losa se redujeron con el tiempo de curado de concreto para los tres casos de los módulos de rotura obtenidos de laboratorio. Del mismo es necesario mencionar la representación gráfica de dichos resultados en la figura 9, en la que se puede apreciar que efectivamente el espesor de las losas diseñadas para el pavimento rígido de aeropuerto se reducen, siendo un ejemplo claro de ello los espesores de la losa con módulo de rotura de 45kg/cm^2 que a los 7 días de curado se tuvo un espesor de 48.16cm, a los 14 días un espesor de 38.89cm, a los 21 días se tuvo un espesor de 36.58cm y a los 28 días el espesor fue de 35.15cm; notándose una reducción de 13cm aproximadamente del espesor de la losa.

De otro modo, también se debe mencionar los resultados de la tabla 13 de espesor de losa con refuerzo continuo en los que se trabajó con el módulo de rotura y resistencia a la compresión de laboratorio, en el que se puede observar el incremento de los espesores de las losas, a diferencia de los espesores de las losas en donde se trabajó con el módulo de rotura teórico, para los 7; 14; 21 y 28 días de curado que corresponden a los tratamientos T1; T2 y T3 respectivamente. Sin embargo, también se debe reconocer que los espesores de las losas se redujeron con el tiempo de curado para los tres casos de módulo de

rotura con los que se trabajaron; siendo una muestra de ello el concreto con módulo de rotura de 50kg/cm^2 de referencia, donde se tuvo un espesor de 36.07cm para 7 días de curado, 34.09cm para 14 días de curado, 31.98cm a los 21 días de curado y 30.63cm a los 28 días de curado; teniendo una reducción de 5cm en el espesor de la losa con refuerzo continuo. Del mismo modo, es importante mencionar la representación gráfica de dichos resultados que se muestran en la figura 11, donde se aprecia claramente la reducción de los espesores de losa con refuerzo continuo respecto a los espesores de losa sin refuerzo continuo de la figura 10.

En cuanto a la prueba de hipótesis, en la que también se aplicó el diseño de bloques completamente al azar, donde los bloques 1; 2 y 3 corresponden a los módulos de rotura de 45kg/cm^2 , 50kg/cm^2 y 55kg/cm^2 respectivamente, y los tratamientos T1; T2; T3 y T4 están conformados por el tiempo de curado de 7; 14; 21 y 28 días respectivamente. Los resultados del diseño de bloques completamente al azar para el caso de los espesores de la losa sin refuerzo continuo, mostraron que el espesor de la losa de concreto sin refuerzo continuo a los 7; 14; 21 y 28 días de curado es diferente para los módulos de rotura de 45kg/cm^2 , 50kg/cm^2 y 55kg/cm^2 ; así mismo quedó demostrado la aceptación de la hipótesis alterna en la que los diferentes módulos de rotura del concreto influyen de forma diferente y significativamente en los espesores de la losa de concreto sin refuerzo continuo. Referente a la prueba de hipótesis que en este caso se realizó la prueba de Duncan, la cual se emplea para determinar la diferencia de las medias de los resultados que vendrían a ser para los bloques y tratamientos; en cuanto a los bloques se tuvo que el bloque 1 y 2 presentan medias de espesor de losa similares de 36.1625cm y 39.6950cm respectivamente; así mismo también se tuvo que los bloques 2 y 3 también presentan medias de espesor de losa similares con 36.1625cm y 34.4300cm respectivamente; en lo referente a los tratamientos quedó demostrado estadísticamente que el tratamiento T1 es diferente a los tratamientos T2; T3 y T4 pues el espesor medio de las losas obtenidas del diseño son menores que a los 7 días de

curado, debido a que el concreto presenta mejores características con un mayor tiempo de curado por lo que el espesor de la losa se reduce. No obstante también se debe mencionar los resultados del diseño de bloques completamente al azar para el caso del espesor de losa con refuerzo continuo, en el que se obtuvo que los espesores de la losa con refuerzo a los 7; 14; 21 y 28 de curado son diferentes para los módulos de rotura con los que se trabajaron, así mismo quedó demostrado la aceptación de la hipótesis nula de que el módulo de rotura con los que se trabajaron influyen de manera diferente y significativamente en los espesores de las losas de concreto con refuerzo continuo, pues se tuvo refuerzos continuos (también conocidos como pasadores) de diferentes diámetros y longitudes. En cuanto a la prueba de hipótesis desarrollada en la que se aplicó la prueba de Duncan para los bloques y tratamientos, referente a los bloques se tuvo que el bloque 2 tiene medias similares de espesor de losa con refuerzo con los bloques 1 y 3, referente a los tratamientos se determinó estadísticamente que las medias de los espesores para el tratamiento T1 (7 días de curado) es diferente a los tratamientos T2; T3 y T4 (14; 21 y 28 días de curado respectivamente), donde los espesores son menores ya que las características del concreto mejoran con el tiempo de curado. Acorde a lo mencionado, se sugiere el uso de cualquiera de los concretos curados a los 28 días, con los que se trabajó en esta investigación ya que los espesores oscilan entre los 29cm a 32cm con la incorporación de refuerzos continuos, tomando en consideración el aspecto económico en su posible implementación.

De acuerdo con los resultados mencionados en los párrafos anteriores, los cuales tiene soporte en los antecedentes mencionados en el marco teórico de la presente investigación, los cuales se mencionan en las siguientes líneas.

Es así que según (GARCÍA, 2014) en la tesis titulada "Diseño de pavimentos para aeropistas", donde el pavimento rígido diseñado tiene una losa de concreto entre los 40.36cm y 44.97cm, en el que concluye sobre el uso de suelos buenos para el adecuado diseño de

pavimentos rígidos y así evitar inversiones económicas; hecho que se relaciona con la investigación ya que se asumió un suelo bueno con una capacidad de soporte (CBR) de 12.5% debido a que el pavimento con el que cuenta el aeropuerto Francisco Carle de Jauja es de asfalto y concreto. Por otro lado según (MARTÍNEZ, y otros, 2009) en la tesis titulada “Rehabilitación de pavimentos para el aeropuerto del Cusco usando modificadores de asfalto”, en la que el espesor de la losa es de 35cm para el pavimento en la plataforma de estacionamiento de las aeronaves, mientras que para un pavimento en el que la base se encuentra sin estabilizar el espesor de la losa de concreto es de 14” (35.56cm), donde concluye que tanto para la reconstrucción como para la construcción de pavimentos nuevos es necesario la estabilización del terreno de conformación que es la subrasante; mismo tema que se considera en la investigación en la que se usó el valor de capacidad de soporte de 12.5% que corresponde a una subrasante buena. Según (DELGADO, y otros, 2012) en la tesis titulada “Diseño del pavimento de un aeropuerto” en el que el diseño del pavimento rígido se realizó según la metodología de la FF.AA. de los Estados Unidos para el cual se tuvo 3 diseños de pavimento rígido, con un espesor de losa de 44cm para el primer caso, para el segundo caso se tuvo un espesor de losa de 43cm y para el tercer caso se tuvo un espesor de losa de 43cm, los cuales son espesores de concreto puro sin algún tipo de refuerzo, además de que se analizó los costos para los tres casos siendo s/.175.00; s/.173.00 y s/. 174.00 por m² respectivamente; donde concluye que no para el diseño del pavimento en aeropuertos no es necesario el cálculo de la aeronave más pesada sino el número de salidas, también menciona que el pavimento rígido es la mejor alternativa frente al pavimento flexible en cuanto a la mayor durabilidad y resistencia, trabajabilidad y economía; antecedente que brinda soporte para la investigación debido a que se diseñó el pavimento rígido con refuerzos continuos que redujeron el espesor de la losa de concreto debido a la absorción de esfuerzos. Finalmente se tiene el aporte de (DELGADO, y otros, 2019) en la tesis titulada “Diseño del pavimento en el área de movimiento del

aeropuerto Morrope - Lambayeque” en la que el espesor de la losa de concreto del pavimento rígido para la zona de movimiento del aeropuerto se encuentra entre los 30cm a 55cm y llegó a la conclusión de que la mejor alternativa es el pavimento flexible, basado en el costo de la ejecución de la obra; hecho que va acorde con la investigación ya que el espesor de la losa de concreto sin refuerzo continuo que se diseñó oscila entre los 32cm y 35cm, por otro lado el espesor para la losa con refuerzo continuo oscila entre 29cm y 32cm ya que en este último tipo de losa las características son mejores por la incorporación del refuerzo continuo.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos de resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido aplicado a aeropuertos, se concluye que dicha propiedad mecánica obtenida de los ensayos en laboratorio influye significativamente en el refuerzo continuo ya que el espesor de la losa diseñada puede ser de 29cm; 31cm o 32cm para los módulos de rotura de 45 kg/cm²; 50kg/cm² y 55kg/cm² respectivamente, donde el diámetro de la varilla fue de 38mm con una longitud de 510mm para los dos primeros módulos de rotura y para el último módulo de rotura el diámetro de la varilla fue de 32mm con una longitud de 460mm, donde además el concreto convencional tuvo un tiempo de curado de 28 días en el que las características y desempeño del concreto son mejores.
2. Según los resultados de la resistencia a flexión del concreto, la cual se empleó en el diseño de pavimentos rígidos los valores obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio tanto para la resistencia a la flexión como para la resistencia a la compresión, se concluye que esta propiedad mecánica del concreto influye significativamente en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido aplicado a aeropuertos, debido a que el espesor de las losas con refuerzos continuos fueron de 29cm, 31cm y 32cm los cuales son menores a 3cm que las losas que no cuentan con los refuerzos, los espesores corresponden a los módulos de rotura de 45 kg/cm²; 50kg/cm² y 55kg/cm² respectivamente, donde el diámetro y longitud de las varillas de acero liso son diferentes en los tres casos.
3. Finalmente, como conclusión general se reconoce que las propiedades mecánicas del concreto influyen significativamente en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido aplicado a aeropuertos, debido a que el espesor de las losas de concreto diseñadas disminuyen cuando se coloca el refuerzo continuo y cuando no es colocado el refuerzo continuo el espesor es mayor; además de que el diámetro y espesor de las varillas de acero liso son diferentes para los módulos de rotura con los que se trabajaron, quedando demostrado estadísticamente que tanto el módulo de rotura como el tiempo de curado del concreto influyen significativamente en los refuerzos continuos, pues estos resultaron ser de diferentes diámetros y longitudes para

los tres casos de los módulos de rotura con los que se trabajó. Así mismo se debe reconocer que el pavimento rígido es la mejor alternativa por su trabajabilidad, durabilidad, resistencia y economía.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda trabajar con periodos de tiempo de curado del concreto más amplios como puede ser a los 45 y 90 días, debido a que los módulos de rotura con los que se trabajó el concreto convencional (cemento, agregado fino, agregado grueso y agua) son concretos de mayor desempeño que serán usados en el área de movimiento de aeropuertos donde la capacidad que soportará el pavimento está determinada por la carga de la aeronave más pesada y del número de salidas anuales.
2. Para poder obtener espesores diferentes de losas de concreto, se recomienda desarrollar los ensayos de resistencia a la flexión y compresión de laboratorio simultáneamente, y de ese modo obtener resistencias acordes a los diseños de mezcla realizados, como también obtener varillas de menor diámetro en los refuerzos continuos para un menor costo en el presupuesto en caso de implementar dicho diseño.
3. De forma general, se recomienda realizar el análisis de precios unitarios y el presupuesto para determinar cuál de los diseños elaborados según el módulo de rotura de 45 kg/cm²; 50kg/cm² y 55kg/cm² sería el más conveniente en el caso de que se tenga la intención de implementar el diseño realizado. Así mismo también se sugiere la evaluación de la capacidad de soporte (CBR) del suelo de la subrasante actual del aeropuerto Francisco Carle, ya que de este modo los espesores de las losas serían diferentes en el caso de que la subrasante sea extraordinaria, muy buena, regular, pobre o inadecuada hasta el punto de ser necesario la estabilización del terreno correspondiente al área de movimiento del aeropuerto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. *Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos.* Washington, Estados Unidos : s.n.

1. **ACUÑA, A y MARTÍNEZ, F. 2013.** *Supervisión y Control de la Obra Rodaje Golfo 2° Etapa y obras complementarias Aeropuerto Internacional Benito Juárez, Ciudad de México.* Ciudad de México : Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco , 2013.
2. *Análisis estocástico de pavimentos de concreto con refuerzo continuo.* **LEIVA, F y VARGAS , A. 2014.** 28, Octubre de 2014, Revista Infraestructura Vial, Vol. 16.
3. **AQUIJE, A. 2011.** *Evaluación de los pavimentos de la pista de aterrizaje, calles de rodaje y plataforma de estacionamiento del aeropuerto de Talara.* Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2011.
4. **BERNAL. 2010.** *Metodología de la investigación: administración, economía. humanidades y ciencias sociales.* Colombia : s.n., 2010.
5. **BÓRQUEZ, M. 2014.** *Diseño de la estructura de pavimento de la pista del aeródromo de Panguipulli.* Valdivia, Chile : Universidad Austral de Chile, 2014.
6. **CARRASCO, L y MARTINEZ, D. 2019.** *Determinación del porcentaje óptimo de escoria de acerías en la mejora de la resistencia a la compresión y al ataque de cloruros del concreto de alto desempeño .* Trujillo, Perú : Universidad Nacional de Trujillo, 2019.
7. **CASTRO, E. 2016.** *Teoría y práctica de la investigación científica.* Huancayo, Perú : PERUGRAPH SRL, 2016. Propiedad del autor.
8. **CivilGeek. 2011.** Tipos de pavimentos de concreto. *Tipos de pavimentos de concreto.* [En línea] 11 de Diciembre de 2011. [Citado el: 06 de Noviembre de 2020.] <https://civilgeeks.com/2011/12/11/tipos-de-pavimentos-de-concreto/>.
9. **DELGADO, F y QUISPE, C. 2012.** *Diseño del pavimento de un aeropuerto.* Lima, Perú : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2012.
10. **DELGADO, J y GONZALES, J. 2019.** *Diseño del pavimento en el área de movimiento del aeropuerto Morrope - Lambayeque.* Pimentel, Lambayeque, Perú : Universidad Señor de Sipán, 2019.

11. **El Peruano. 2015.** Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - SINACYT. *Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología.* Lima, Perú : s.n., 2015.
12. **GARCÍA, G. 2014.** *Diseño de pavimentos para aeropistas.* México : Universidad Nacional Autónoma de México , 2014.
13. **HERNÁNDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P. 2014.** *Métodología de la investigación.* 6ta Edición. México : McGraw-Hill , 2014. págs. 95-96.
14. **HERRERA, C y QUISPE, R. 2019.** *Análisis del comportamiento del concreto hidráulico reforzado con fibras naturales de agave para el diseño de pavimento rígido con el Método mecanístico - empírico en la Av. Universitaria de la provincia de Huancavelica - 2018.* Huancavelica, Perú : Universidad Nacional de Huancavelica, 2019.
15. **LAMUS, F y ANDRADE, S. 2014.** *Concreto Reforzado - Fundamentos. Concreto Reforzado - Fundamentos.* Bogotá, Colombia : ECOE - Ediciones, 2014.
16. **MARTÍNEZ, J. 2018.** *Predicción de fallas por escalonamiento en las estructuras pavimento rígido propuesta dentro del Manual de diseño de pavimento de concreto para bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, empleando el modelo de deterioro de pavimentos rígidos .* Bogotá, Colombia : Universidad Militar Nueva Granada, 2018.
17. **MARTÍNEZ, J y VENTOCILLA, J. 2009.** *Rehabilitación de pavimentos para el aeropuerto del Cusco usando modificadores de asfalto.* Lima, Perú : Universidad Ricardo Palma, 2009.
18. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014.** Capítulo XIV - Pavimentos rígidos. *Manual de carreteras - Sección suelos y pavimentos.* Lima, Perú : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.
19. **MONTEJO, A, MONTEJO, A y MONTEJO, F. 2011.** *Tecnología y patología del concreto armado.* Bogotá, Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2011.
20. **POLANCO, A. 2014.** *Manual de prácticas de laboratorio de concreto.* Chihuahua, México : Universidad Autónoma de Chihuahua, 2014.
21. **PORTUGAL, P. 2007.** *Tecnología del concreto de alto desempeño.* Arequipa, Perú : Universidad Nacional de San Agustín, 2007.

22. *Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo.* **Carrillo Julián, Alcocer Sergio M, Aperador William. 2012.** 285-298, Bogotá : Ingeniería Investigación y Tecnología,, 2012, Vol. 14. 1405-7743 .
23. *Prueba de resistencia a la compresion del concreto.* **NRMCA. 2015.** EEUU : Federacion iberoamericana, 2015, Vol. 20.
24. **RIVERA, G. 2010.** *Concreto simple.* Cauca, Colombia : Universidad del Cauca, 2010.
25. **RIVERA, GERARDO A. 2010.** *CONCRETO.* Civilgeeks.com : civil, 2010.
26. **SÁNCHEZ, D. 2001.** *Tecnología del concreto y del mortero.* Bogotá, Colombia : Pontificia Universidad Javeriana , 2001.
27. **SÁNCHEZ, H y REYES, C. 2015.** *Metodología y diseños en la investigación científica.* Lima, Perú : Business Support Aneth, 2015. 978-612-46842-2-7.
28. **SENCICO. 2014.** *Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto.* Lima, Perú : Cartolan Editores S.R.L., 2014.
29. **TERREROS, L y CARVAJAL, I. 2016.** *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo.* Bogotá, Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2016.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿De qué manera influyen las propiedades mecánicas del concreto en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019?</p>	<p>Objetivo general: Determinar la influencia de las propiedades mecánicas del concreto en la incorporación de refuerzos continuos en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo 2019.</p>	<p>Antecedentes: Nacional: Según (DELGADO, y otros, 2019), en la tesis titulada “Diseño del pavimento en el área de movimiento del aeropuerto Morrope - Lambayeque”. Con el objetivo de diseñar el pavimento en el área de movimiento del aeropuerto Morrope en Lambayeque. Para el desarrollo de la investigación realizó el levantamiento topográfico del lugar en estudio, ensayos de mecánica de suelos, también realizaron el estudio pluviométrico de la zona de estudio. Como resultado de la investigación, el espesor total para el pavimento flexible diseñado fue de 75cm, para el caso del pavimento rígido el espesor también es de 75cm. Llegó a la conclusión de que la mejor alternativa para el diseño de pavimento es el flexible basándose en el costo de ejecución de la obra.</p> <p>Internacional: Según (ACUÑA, y otros, 2013), en la tesis titulada “Supervisión y Control de la Obra Rodaje Golfo 2° Etapa y obras complementarias Aeropuerto Internacional Benito Juárez, Ciudad de México”. Con el objetivo de planificar el proyecto conforme a la estructura de la Residencia – Contratista y Supervisión. La investigación manifiesta que con la planeación, proyecto y construcción se obtuvieron resultados donde los itinerarios seguidos por las aeronaves tienen como finalidad disminuir las distancias, el tiempo de rodaje y su costo, asimismo la calle de rodaje.</p>	<p>Hipótesis general: Las propiedades mecánicas del concreto influyen significativamente en la incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido en la ciudad de Huancayo 2019.</p>	<p>Variable independiente: Propiedades mecánicas del concreto - Pavimento rígido de aeropuerto Dimensiones: - Resistencia a la compresión - Resistencia a la flexión</p>	<p>Método: Científico. Tipo: Aplicado. Nivel: Explicativo Diseño de investigación: Experimental Población y muestra: Población. Todos los pavimentos rígidos de la Provincia de Huancayo. Muestra: La muestra es de tipo no probabilístico intencional o dirigido, en este caso la muestra de la investigación está compuesta por 36 probetas cilíndricas para el ensayo de resistencia a compresión y 36 vigas para el ensayo de resistencia a flexión Técnicas e instrumentos: Fichas de observación experimental. Técnicas de procesamiento de datos: - Análisis estadístico de resultados obtenidos en el laboratorio. - Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.</p>
<p>Problemas específicos: - ¿De qué manera influye la resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019? - ¿De qué manera influye la resistencia a la flexión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019?</p>	<p>Objetivos específicos: - Determinar la influencia de la resistencia a la compresión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019. - Determinar la influencia de la resistencia a flexión en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019.</p>	<p>Internacional: Según (ACUÑA, y otros, 2013), en la tesis titulada “Supervisión y Control de la Obra Rodaje Golfo 2° Etapa y obras complementarias Aeropuerto Internacional Benito Juárez, Ciudad de México”. Con el objetivo de planificar el proyecto conforme a la estructura de la Residencia – Contratista y Supervisión. La investigación manifiesta que con la planeación, proyecto y construcción se obtuvieron resultados donde los itinerarios seguidos por las aeronaves tienen como finalidad disminuir las distancias, el tiempo de rodaje y su costo, asimismo la calle de rodaje.</p>	<p>Hipótesis específicas - La resistencia a la compresión influye significativamente en la incorporación de refuerzo continuo influye en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019. - La resistencia a la flexión influye significativamente en la incorporación de refuerzo continuo en el pavimento rígido en la ciudad de Huancayo, 2019</p>	<p>Variable dependiente: Refuerzo continuo Dimensiones: - Incorporación de refuerzo.</p>	<p>Técnicas de procesamiento de datos: - Análisis estadístico de resultados obtenidos en el laboratorio. - Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.</p>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: ENSAYO DE MATERIALES

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para seropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO

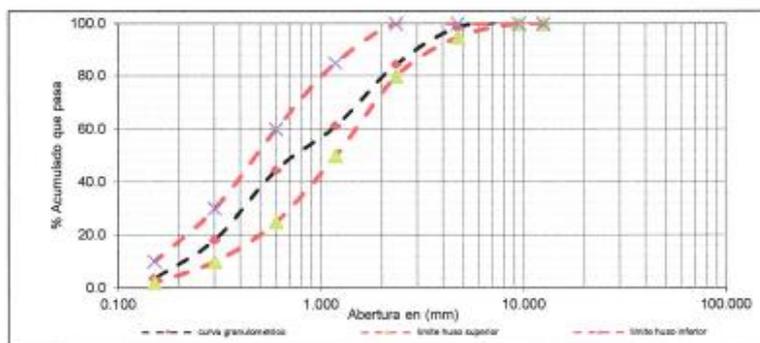
NTP 400.012

Arena gruesa

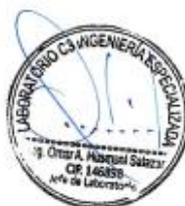
Cantera : Rio Mantaro - Sicaya

Tamiz	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Huso C
				Limites Totales % acumulativo pasante
3/4 pulg	0.0	0.0	100.0	100
1/2 pulg	0.0	0.0	100.0	100
3/8 pulg	0.0	0.0	100.0	100
No. 4	1.4	1.4	98.6	95 a 100
No. 8	14.1	15.5	84.5	80 a 100
No. 16	23.3	38.8	61.2	50 a 85
No. 30	16.7	55.5	44.5	25 a 60
No. 50	26.3	81.8	18.2	5 a 30
No. 100	14.6	96.4	3.6	0 a 10
Fondo	3.6	100.0		

M.F : 2.89



M.F = Módulo de finura



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

**Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados
 NTP 400.017
 Arena gruesa**

Cantera: : Rio Mantaro - Orocutuna

I. Peso Unitario Suelto Seco - PUSS

Masa de la muestra suelta húmeda + masa del molde	(kg)	6.315	6.326	6.308
Masa del molde	(kg)	1.597	1.597	1.597
Masa de la muestra suelta húmeda	(kg)	4.718	4.729	4.711
Volumen del molde (1/10 ft ³)	(m ³)	0.002832	0.002832	0.002832
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1666	1670	1663
Promedio peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1666		
Promedio peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1648		

II. Peso Unitario Compactado Seco - PUCS

Masa de la muestra compactada húmeda + masa del molde	(kg)	7.041	7.065	7.041
Masa del molde	(kg)	1.597	1.597	1.597
Masa de la muestra compactada húmeda	(kg)	5.444	5.468	5.444
Volumen del molde (1/10 ft ³)	(m ³)	0.002832	0.002832	0.002832
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1922	1931	1922
Promedio peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1925		
Promedio peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1903		



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947999992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodríguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

**Método de ensayo normalizado para densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino
 NTP 400.022
 Arena gruesa**

Cantera : Río Mantaro - Orcotuna

I. Datos

1	Masa de la arena superficialmente seca + masa del balón + masa del agua	(g)	975.3
2	Masa de la arena superficialmente seca + masa del balón	(g)	662.7
3	Masa del agua (W = 1-2)	(g)	312.6
4	Masa de la arena secada al horno + masa del balón	(g)	654.1
5	Masa del balón	(g)	162.7
6	Masa de la arena secada al horno (A = 4-5)	(g)	491.4
7	Volumen del balón V = 500 ml		500

II. Resultados

1	Masa específica [P.E.M. = $A / (V - W)$]	(g/cm ³)	2.62
2	Masa específica saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S.S. = $500 / (V - W)$]	(g/cm ³)	2.67
3	Masa específica aparente [P.E.A. = $A / (V - W) - (500 - A)$]	(g/cm ³)	2.75
4	Porcentaje de absorción [$(500 - A) / A * 100$]		1.75



RAZÓN SOCIAL: G3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947999992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

NTP 339.185

Arena gruesa

Cantera: Río Mantaro - Orcotuna

Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	714.2
Masa de la muestra secada al horno + masa de la tara	(g)	706.5
Masa de la tara	(g)	92.8
Masa del agua	(g)	7.7
Contenido de Humedad	(%)	1.25



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceros N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947999992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jean Marco Choquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para serpuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO

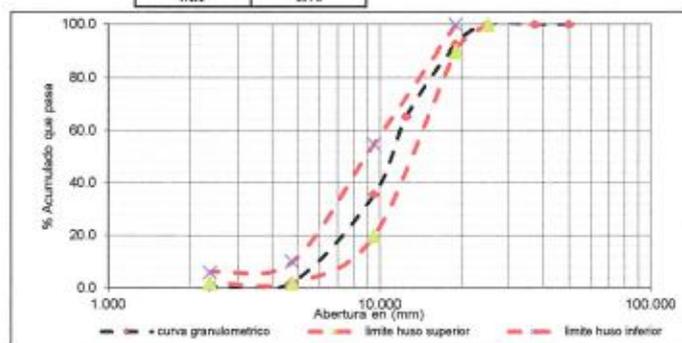
NTP 400.012

Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantera : Tres de diciembre - Chupaca

Malla	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa	Huso 67
				Limites Totales % acumulativo pasante
1 pulg	0.0	0.0	100.0	100
3/4 pulg	7.5	7.5	92.5	90 a 100
1/2 pulg	27.2	34.7	65.3	---
3/8 pulg	29.7	64.4	35.6	20 a 55
No. 4	33.5	97.9	2.1	0 a 10
No. 8	1.8	99.7	0.3	0 a 5
Fondo	0.3	100.0	0.0	

TM	1 pulg
TMN	3/4 pulg
M.F	6.70



M.F = Módulo de finura
 TM = Tamaño máximo
 TMN = Tamaño máximo nominal



INGENIERÍA DE CALIDAD

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947899992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodríguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados

NTP 400.017

Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantera : Tres de diciembre - Chupaca

I. Peso Unitario Suelto Seco - PUSS

Masa de la muestra suelta húmeda + masa del molde	(kg)	18.674	18.642	18.647
Masa del molde	(kg)	4.956	4.956	4.956
Masa de la muestra suelta húmeda	(kg)	13.718	13.686	13.691
Volumen del molde (1/3 B ³)	(m ³)	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1453	1450	1450
Promedio peso unitario suelto húmedo	(kg/m ³)	1451		
Promedio peso unitario suelto seco	(kg/m ³)	1446		

II. Peso Unitario Compactado Seco - PUCS

Masa de la muestra compactada húmeda + masa del molde	(kg)	19.452	19.421	19.474
Masa del molde	(kg)	4.956	4.956	4.956
Masa de la muestra compactada húmeda	(kg)	14.496	14.465	14.518
Volumen del molde (1/3 B ³)	(m ³)	0.009439	0.009439	0.009439
Peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1536	1532	1538
Promedio peso unitario compactado húmedo	(kg/m ³)	1535		
Promedio peso unitario compactado seco	(kg/m ³)	1530		



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chillca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947998992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodríguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

Método de ensayo normalizado para densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

NTP 400.021

Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantera : Tres de diciembre - Chupaca

I. Datos

1	Masa de la muestra secada al horno (A)	(g)	2974
2	Masa de la muestra saturada con superficie seca (B)	(g)	3000
3	Masa de la muestra saturada dentro del agua + masa de la canastilla dentro del agua	(g)	2851
4	Masa de la canastilla dentro del agua	(g)	976
5	Masa de la muestra saturada dentro del agua (C)	(g)	1875

II. Resultados

1	Masa específica [P.E.M. = $A / (B - C)$]	(gr/cm ³)	2.64
2	Masa específica saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S.S. = $B / (B - C)$]	(gr/cm ³)	2.67
3	Masa específica aparente [P.E.A. = $A / (A - C)$]	(gr/cm ³)	2.71
4	Porcentaje de absorción [$(B - A) / A * 100$]		0.87



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1409-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jean Marco Choquillanqui Rodríguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 14-09-20

**Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado
 NTP 339.185**

Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantera : Tres de diciembre - Chupaca

Masa de la muestra húmeda + masa de la tara	(g)	985.6
Masa de la muestra secada al horno + masa de la tara	(g)	982.1
Masa de la tara	(g)	75.8
Masa del agua	(g)	3.50
Contenido de Humedad	(%)	0.39



ANEXO 3: DISEÑO DE MEZCLA

RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chillca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947999992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Página 1 de 2

Expediente N° : 1709-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 17-09-20

DISEÑO DE MEZCLA ($M_r = 45 \text{ kg/cm}^3$)

Cemento : Andino Tipo I
 Peso específico : 3.12

AGREGADO FINO

Arena gruesa
 Río Mantaro - Sicaya

NTP 400.022

Peso específico de masa : 2.62
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.67
 Peso específico aparente : 2.75

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1648 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1903 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
3/8 pulg	0.0	100.0
No. 4	1.4	98.6
No. 8	14.1	84.5
No. 16	23.3	61.2
No. 30	16.7	44.5
No. 50	26.3	18.2
No. 100	14.6	3.6
Fondo	3.6	0.0

AGREGADO GRUESO

Piedra chancada de 3/4 pulgada
 Tres de diciembre - Chupaca

NTP 400.022

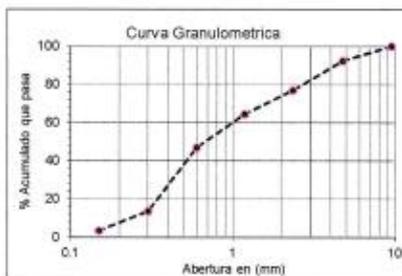
Peso específico de masa : 2.64
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.67
 Peso específico aparente : 2.71

NTP 400.017

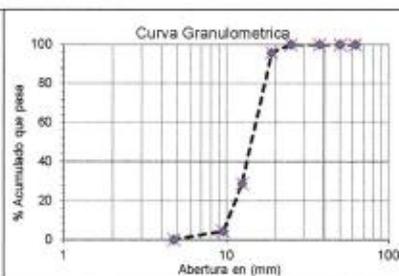
Peso unitario suelto seco : 1446 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1530 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
2 pulg	0.0	100.0
1 1/2 pulg	0.0	100.0
1 pulg	0.0	100.0
3/4 pulg	7.5	92.5
1/2 pulg	27.2	65.3
3/8 pulg	29.7	35.6
No. 4	33.5	2.1
No. 8	1.8	0.3
Fondo	0.0	0.3



Módulo de finura : 3.014
 % Porcentaje de absorción : 1.69
 % Contenido de humedad : 0.26



Tamaño máximo nominal : 3/4 pulg
 % Porcentaje de absorción : 0.98
 % Contenido de humedad : 1.38



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947999992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Página 2 de 2

Expediente N° : 1709-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
 Fecha de emisión : 17-09-20

DISEÑO DE MEZCLA (Mr = 45 kg/cm²)

Asentamiento - slump : 5 pulgadas
 Factor de cemento : 7.5 bolsas de cemento/m³ de concreto
 Relación agua - cemento de diseño : 0.680

PROPORCIÓN EN PESO

Cemento : 1
 Arena : 2.68
 Piedra : 2.90
 Agua : 30.06 litros de agua/bolsa de cemento

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

Cemento : 1 bolsa de cemento
 Arena : 2.41 pie³
 Piedra : 3.00 pie³
 Agua : 30.06 litros de agua/bolsa de cemento

Cantidad de materiales secos por metro cúbico de concreto (Teórico)

: 2281 kg/m³
 Agua : 215 L. Potable
 Cemento : 316 kg Andino Tipo I
 Agregado fino : 837 kg Rio Mantaro - Sicaya
 Arena gruesa
 Agregado grueso : 914 kg Tres de diciembre - Chupaca
 Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantidad de materiales por metro cúbico, corregidos por humedad y por peso unitario del concreto fresco

: 2311 kg/m³
 Agua : 224 L. Potable
 Cemento : 317 kg Andino Tipo I
 Agregado fino : 850 kg Rio Mantaro - Sicaya
 Arena gruesa
 Agregado grueso : 920 kg Tres de diciembre - Chupaca
 Piedra chancada de 3/4 pulgada

OBSERVACIONES:

- * El muestreo e identificación son realizados por el peticionario.
- * En obra corregir por humedad.
- * Realizar tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- * El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Cesar Alex Humani Salazar.



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947899992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Página 1 de 2

Expediente N° : 1709-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chauquillanqui Rodríguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 17-09-20

DISEÑO DE MEZCLA ($M_r = 50 \text{ kg/cm}^2$)

Cemento : Andino Tipo I
 Peso específico : 3.12

AGREGADO FINO

Arena gruesa
 Río Mantaro - Sicaya

NTP 400.022

Peso específico de masa : 2.62
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.67
 Peso específico aparente : 2.75

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1648 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1903 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
3/8 pulg	0.0	100.0
No. 4	1.4	98.6
No. 8	14.1	84.5
No. 16	23.3	61.2
No. 30	16.7	44.5
No. 50	26.3	18.2
No. 100	14.6	3.6
Fondo	3.6	0.0

AGREGADO GRUESO

Piedra chancada de 3/4 pulgada
 Tres de diciembre - Chupaca

NTP 400.022

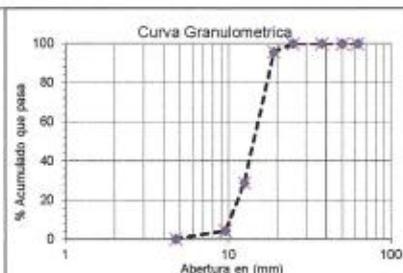
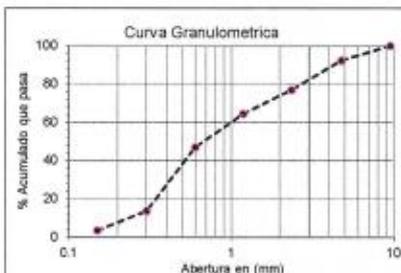
Peso específico de masa : 2.64
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.67
 Peso específico aparente : 2.71

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1446 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1530 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
2 pulg	0.0	100.0
1 1/2 pulg	0.0	100.0
1 pulg	0.0	100.0
3/4 pulg	7.5	92.5
1/2 pulg	27.2	65.3
3/8 pulg	29.7	35.6
No. 4	33.5	2.1
No. 8	1.8	0.3
Fondo	0.0	0.3



Módulo de finura : 3.014
 % Porcentaje de absorción : 1.69
 % Contenido de humedad : 0.26

Tamaño máximo nominal : 3/4 pulg
 % Porcentaje de absorción : 0.98
 % Contenido de humedad : 1.38



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaspecializadasac@gmail.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Página 1 de 2

Expediente N° : 1709-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chaquilloqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 17-09-20

DISEÑO DE MEZCLA ($M_r = 55 \text{ kg/cm}^3$)

Cemento : Andino Tipo 1
 Peso específico : 3.12

AGREGADO FINO

Arena gruesa
 Río Mantaro - Sicaya

NTP 400.022

Peso específico de masa : 2.62
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.67
 Peso específico aparente : 2.75

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1648 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1903 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
3/8 pulg	0.0	100.0
No. 4	1.4	98.6
No. 8	14.1	84.5
No. 16	23.3	61.2
No. 30	16.7	44.5
No. 50	26.3	18.2
No. 100	14.6	3.6
Fondo	3.6	0.0

AGREGADO GRUESO

Piedra chancada de 3/4 pulgada
 Tres de diciembre - Chupaca

NTP 400.022

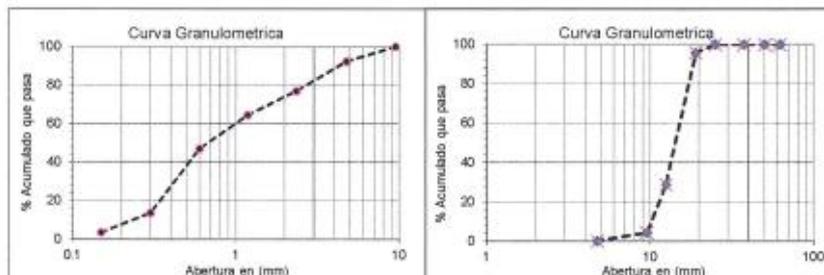
Peso específico de masa : 2.64
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.67
 Peso específico aparente : 2.71

NTP 400.017

Peso unitario suelto seco : 1446 kg/m^3
 Peso unitario compactado seco : 1530 kg/m^3

NTP 400.012

Malla	% Retenido	% Que pasa
2 pulg	0.0	100.0
1 1/2 pulg	0.0	100.0
1 pulg	0.0	100.0
3/4 pulg	7.5	92.5
1/2 pulg	27.2	65.3
3/8 pulg	29.7	35.6
No. 4	33.5	2.1
No. 8	1.8	0.3
Fondo	0.3	0.0



Módulo de finura : 3.014
 % Porcentaje de absorción : 1.69
 % Contenido de humedad : 0.26

Tamaño máximo nominal : 3/4 pulg
 % Porcentaje de absorción : 0.98
 % Contenido de humedad : 1.38



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceros N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Página 2 de 2

Expediente N° : 1709-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquilanqui Rodriguez
 Fecha de emisión : 17-09-20

DISEÑO DE MEZCLA ($M_r = 55 \text{ kg/cm}^2$)

Asentamiento - slump : 5 pulgadas
 Factor de cemento : 8.7 bolsos de cemento/m³ de concreto
 Relación agua - cemento de diseño : 0.580

PROPORCIÓN EN PESO

Cemento : 1
 Arena : 2.31
 Piedra : 2.50
 Agua : 25.65 litros de agua/bolsa de cemento

PROPORCIÓN EN VOLUMEN

Cemento : 1 bolsa de cemento
 Arena : 2.07 pie³
 Piedra : 2.58 pie³
 Agua : 25.65 litros de agua/bolsa de cemento

Cantidad de materiales secos por metro cúbico de concreto (Teórico)

: 2297 kg/m³
 Agua : 210 L. Potable
 Cemento : 362 kg Andino Tipo I
 Agregado fino : 824 kg Rio Mantaro - Sicaya
 Arena gruesa
 Agregado grueso : 900 kg Tres de diciembre - Chupaca
 Piedra chancada de 3/4 pulgada

Cantidad de materiales por metro cúbico, corregidos por humedad y por peso unitario del concreto fresco

: 2356 kg/m³
 Agua : 222 L. Potable
 Cemento : 368 kg Andino Tipo I
 Agregado fino : 848 kg Rio Mantaro - Sicaya
 Arena gruesa
 Agregado grueso : 918 kg Tres de diciembre - Chupaca
 Piedra chancada de 3/4 pulgada

OBSERVACIONES:

- * El muestreo e identificación son realizados por el peticionario.
- * En obra corregir por humedad.
- * Realizar tandas de prueba por condiciones técnicas del lugar de obra, controlar las características de los materiales, personal técnico y equipos utilizados en obra.
- * El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar.



Anexo 4: Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión

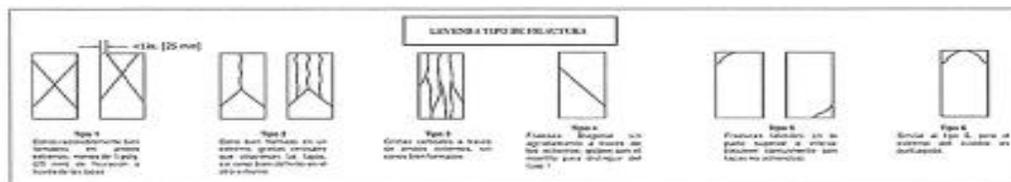
	INFORME DE ENSAYO	Código	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas	Versión	01
	NTP 339.034	Fecha	02-01-20
		Página	1 de 1

Expediente N° : 1710-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junin
 Fecha de emisión : 17-10-20

Testigo N°	Disofo de mezclo	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Area de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f _c (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión f _c (kg/cm ²)	Tipo de fractura	Defectos
1	Mr = 45 kg/cm ²	19-09-20	26-09-20	7	101.5	8091.4	115.66	14.3	145.8	146.6	Tipo 1	No
2		19-09-20	26-09-20	7	101.5	8091.4	117.12	14.5	147.6		Tipo 3	No
3		19-09-20	26-09-20	7	101.1	8027.7	115.21	14.4	146.4		Tipo 2	No
4		19-09-20	03-10-20	14	101.2	8043.6	140.45	17.5	178.1	178.7	Tipo 1	No
5		19-09-20	03-10-20	14	101.2	8043.6	142.21	17.7	180.3		Tipo 2	No
6		19-09-20	03-10-20	14	101.1	8027.7	139.90	17.4	177.8		Tipo 2	No
7		19-09-20	10-10-20	21	101.1	8027.7	152.01	18.9	193.1	193.1	Tipo 1	No
8		19-09-20	10-10-20	21	101.3	8059.5	153.93	19.1	194.8		Tipo 2	No
9		19-09-20	10-10-20	21	101.4	8075.4	151.42	18.8	191.3		Tipo 2	No
10		19-09-20	17-10-20	28	101.1	8027.7	165.23	20.6	209.9	210.3	Tipo 3	No
11		19-09-20	17-10-20	28	101.2	8043.6	167.31	20.8	212.2		Tipo 1	No
12		19-09-20	17-10-20	28	101.2	8043.6	164.59	20.5	208.7		Tipo 1	No

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



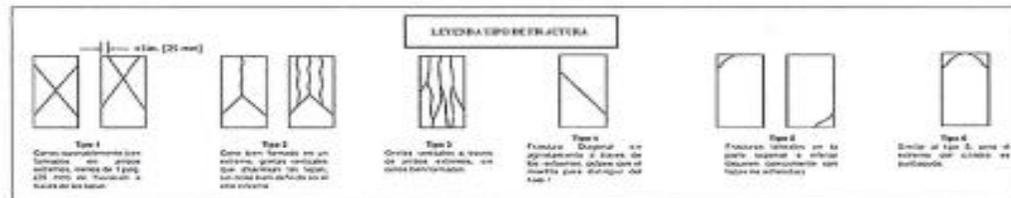
	INFORME DE ENSAYO	Código	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas	Versión	01
	NTP 339.034	Fecha	02-01-20
		Página	1 de 1

Expediente N° : 1710-2020
Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 17-10-20

Testigo N°	Diseño de mezcla	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Díámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	Tipo de fractura	Defectos
1	Mr - 50 kg/cm ²	19-09-20	26-09-20	7	101.1	8027.7	135.86	16.9	172.6	171.7	Tipo 1	No
2		19-09-20	26-09-20	7	101.2	8043.6	135.70	16.9	172.1		Tipo 2	No
3		19-09-20	26-09-20	7	101.3	8059.5	134.53	16.7	170.3		Tipo 2	No
4		19-09-20	03-10-20	14	101.5	8091.4	164.98	20.4	208.0	207.7	Tipo 3	No
5		19-09-20	03-10-20	14	101.5	8091.4	164.77	20.4	207.7		Tipo 1	No
6		19-09-20	03-10-20	14	101.1	8027.7	163.35	20.3	207.6		Tipo 3	No
7		19-09-20	10-10-20	21	101.2	8043.6	178.36	22.2	226.4	225.6	Tipo 3	No
8		19-09-20	10-10-20	21	101.3	8059.5	178.34	22.1	225.7		Tipo 1	No
9		19-09-20	10-10-20	21	101.1	8027.7	176.81	22.0	224.6		Tipo 2	No
10		19-09-20	17-10-20	28	101.2	8043.6	194.09	24.1	246.1	245.1	Tipo 2	No
11		19-09-20	17-10-20	28	101.2	8043.6	193.85	24.1	245.8		Tipo 3	No
12		19-09-20	17-10-20	28	101.3	8059.5	192.18	23.8	243.2		Tipo 1	No

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC
Av. Los Próceros N° 1000 - Chilea - Huancayo - Junín
Celular: 947-898992
Email: laboratorio@c3ingenieriaspecializadasac.com

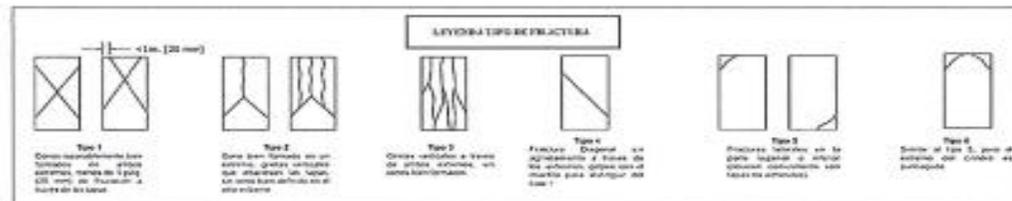
	INFORME DE ENSAYO		Código	C3-FOR-010
	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas		Versión	01
	NTP 339.034		Fecha	02-01-20
			Página	1 de 1

Expediente N° : 1710-2020
Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
Ubicación : Huancayo - Junín
Fecha de emisión : 17-10-20

Testigo N°	Diseño de mezcla	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diámetro promedio (mm)	Área de la sección recta (mm ²)	Carga máxima (kN)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a la compresión f_c (kg/cm ²)	Tipo de fractura	Defectos
1	Me = 55 kg/cm ²	19-09-20	26-09-20	7	101.2	8043.6	155.18	19.3	196.8	196.4	Tipo 2	No
2		19-09-20	26-09-20	7	101.3	8059.5	157.12	19.5	198.8		Tipo 1	No
3		19-09-20	26-09-20	7	101.5	8091.4	153.52	19.0	193.5		Tipo 3	No
4		19-09-20	03-10-20	14	101.5	8091.4	188.43	23.3	237.5	238.8	Tipo 2	No
5		19-09-20	03-10-20	14	101.1	8027.7	190.78	23.8	242.4		Tipo 1	No
6		19-09-20	03-10-20	14	101.2	8043.6	186.42	23.2	236.4		Tipo 3	No
7		19-09-20	10-10-20	21	101.3	8059.5	188.43	23.4	238.5	239.2	Tipo 2	No
8		19-09-20	10-10-20	21	101.1	8027.7	190.78	23.8	242.4		Tipo 2	No
9		19-09-20	10-10-20	21	101.1	8027.7	186.42	23.2	236.9		Tipo 3	No
10		19-09-20	17-10-20	28	101.2	8043.6	221.68	27.6	281.1	281.3	Tipo 2	No
11		19-09-20	17-10-20	28	101.3	8059.5	224.45	27.8	284.1		Tipo 3	No
12		19-09-20	17-10-20	28	101.1	8027.7	219.32	27.3	278.7		Tipo 2	No

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1710-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 17-10-20

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura f_r (Mpa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm ²)
Mr = 45 kg/cm ²	7	24.41	45.0	15.1	15.1	3.2	32.5	32.5
		24.36	45.0	15.1	15.1	3.2	32.5	
		24.36	45.0	15.1	15.1	3.2	32.5	
	14	27.46	45.0	15.1	15.1	3.6	36.6	36.6
		27.40	45.0	15.1	15.1	3.6	36.5	
		27.40	45.0	15.1	15.1	3.6	36.5	
	21	31.19	45.0	15.1	15.1	4.1	41.6	41.5
		31.12	45.0	15.1	15.1	4.1	41.5	
		31.12	45.0	15.1	15.1	4.1	41.5	
	28	33.90	45.0	15.1	15.1	4.4	45.2	45.1
		33.83	45.0	15.1	15.1	4.4	45.1	
		33.83	45.0	15.1	15.1	4.4	45.1	



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO**

Expediente N° : 1710-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Chuquillanqui Rodríguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 17-10-20

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura f_r (Mpa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm ²)
Mr = 50 kg/cm ²	7	26.94	45.0	15.1	15.1	3.5	35.9	35.8
		26.83	45.0	15.1	15.1	3.5	35.8	
		26.74	45.0	15.1	15.1	3.5	35.6	
	14	30.41	45.0	15.1	15.1	4.0	40.5	40.4
		30.29	45.0	15.1	15.1	4.0	40.4	
		30.12	45.0	15.1	15.1	3.9	40.2	
	21	34.52	45.0	15.1	15.1	4.5	46.0	46.0
		34.39	45.0	15.1	15.1	4.5	45.8	
		34.64	45.0	15.1	15.1	4.5	46.2	
	28	37.73	45.0	15.1	15.1	4.9	50.3	50.2
		37.58	45.0	15.1	15.1	4.9	50.1	
		37.65	45.0	15.1	15.1	4.9	50.2	



RAZÓN SOCIAL: C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000 – Chilca – Huancayo - Junín
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES LABORATORIO DE AGREGADOS Y CONCRETO

Expediente N° : 1710-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Jean Marco Choquillanqui Rodriguez
 Nombre de la tesis : Incorporación de refuerzos continuos en pavimento rígido para aeropuerto en la ciudad de Huancayo 2019
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Fecha de emisión : 17-10-20

Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo

NTP 339.078

Diseño de Mezcla	Edad (días)	Carga (kN)	Luz libre entre apoyos (cm)	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Módulo de rotura f_r (Mpa)	Módulo de rotura f_r (kg/cm ²)	Promedio de módulo de rotura f_r (kg/cm ²)
M _r = 55 kg/cm ²	7	30.44	45.0	15.1	15.1	4.0	40.6	40.2
		30.23	45.0	15.1	15.1	4.0	40.3	
		29.76	45.0	15.1	15.1	3.9	39.7	
	14	33.53	45.0	15.1	15.1	4.4	44.7	44.6
		33.29	45.0	15.1	15.1	4.4	44.4	
		33.48	45.0	15.1	15.1	4.4	44.6	
	21	38.29	45.0	15.1	15.1	5.0	51.0	50.8
		38.01	45.0	15.1	15.1	5.0	50.7	
		38.02	45.0	15.1	15.1	5.0	50.7	
	28	41.71	45.0	15.1	15.1	5.5	55.6	55.3
		41.41	45.0	15.1	15.1	5.4	55.2	
		41.33	45.0	15.1	15.1	5.4	55.1	



Anexo 5: Diseño de pavimento rígido – según la resistencia a la compresión de los ensayos y Mr teórico

$$Mr = 45 \text{ kg/cm}^2$$

$$7 \text{ Días} \quad f'c = 146.6 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$\begin{aligned} K_0 &= 6 \text{ kg/cm}^3 \\ K_1 &= 16 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR}) \\ h &= 15 \text{ cm} \\ K_c &= 6.84 \text{ kg/cm}^3 \\ K_c &= 247 \text{ PSI} \end{aligned}$$

* Concreto:

$$\begin{aligned} Mr &= 45 \text{ kg/cm}^2 \\ Sc &= 640 \text{ PSI} \\ Ec &= 15000\sqrt{f'c} \\ Ec &= 181618 \text{ kg/cm}^2 \\ Ec &= 2582608 \text{ PSI} \end{aligned}$$

* Drenaje:

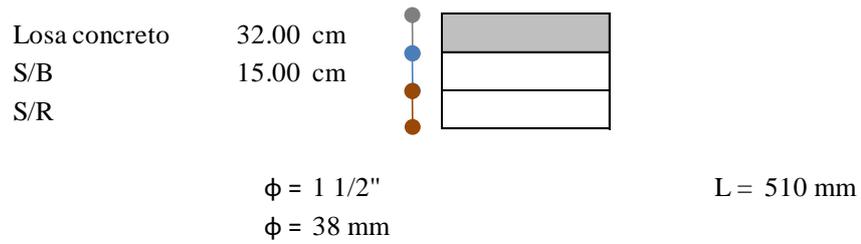
$$Cd = 1.00 \text{ (Condiciones críticas - Calidad de drenaje: Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

$$\begin{aligned} J &= 3.8 \text{ (sin pasadores)} \\ JP &= 3.2 \text{ (con pasadores)} \end{aligned}$$

*Espesor de losa:

$$\begin{aligned} D &= 13.75 \text{ plg} & 34.93 \text{ cm} \\ D_p &= 12.6 \text{ plg} & 32.00 \text{ cm} \end{aligned}$$



14 Días	$f'c =$	178.7 kg/cm²
----------------	---------	--------------------------------

* Suelos:

$K_0 =$	6	kg/cm ³	
			(60%
$K_1 =$	16	kg/cm ³	CBR)
$h =$	15	cm	
$K_C =$	6.84	kg/cm ³	
$K_C =$	247	PCI	

*

Concreto:

$M_r =$	45	kg/cm ²
$S_c =$	640	PSI
$E_c =$	$15000\sqrt{f'c}$	
$E_c =$	200518	kg/cm ²
$E_c =$	2851366	PSI

* Drenaje:

		(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:
$C_d =$	1.00	Bueno)

* Transferencia de cargas:

$J =$	3.8	(sin pasadores)
-------	-----	-----------------

$$JP = 3.2 \quad (\text{con pasadores})$$

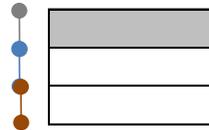
*Espesor de losa:

$$D = 13.81 \text{ plg} \quad 35.08 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.66 \text{ plg} \quad 32.16 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

32.00 cm
15.00 cm



$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\phi = 38 \text{ mm}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

21 Días	$f'_c =$	193.1 kg/cm²
----------------	----------	--------------------------------

* Suelos:

$$K_0 = 6 \quad \text{kg/cm}^3$$

(60%

$$K_1 = 16 \quad \text{kg/cm}^3 \quad \text{CBR})$$

$$h = 15 \quad \text{cm}$$

$$K_c = 6.84 \quad \text{kg/cm}^3$$

$$K_c = 247 \quad \text{PCI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 45 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$S_c = 640 \quad \text{PSI}$$

$$15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c =$$

$$E_c = 208441 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$E_c = 2964031 \quad \text{PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \quad \text{Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

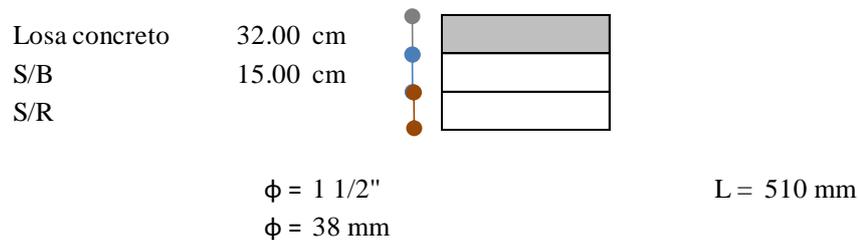
$$J = 3.8 \quad (\text{sin pasadores})$$

$$J_P = 3.2 \quad (\text{con pasadores})$$

*Espesor de losa:

$$D = 13.83 \text{ plg} \quad 35.13 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.68 \text{ plg} \quad 32.21 \text{ cm}$$



28 Días $f'_c = 210.3 \text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\%$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{CBR})$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PSI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 45 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 640 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 217526 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3093220 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

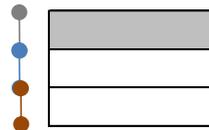
*Espesor de losa:

$$D = 13.85 \text{ plg} \quad 35.18 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.71 \text{ plg} \quad 32.28 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

32.00 cm
15.00 cm



$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\phi = 38 \text{ mm}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

$$M_r = 50 \text{ kg/cm}^2$$

7 Días

$f'_c =$

$$171.7 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR})$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PSI}$$

* Concreto:

$$M_r = 50 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 711 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 196552 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 2794969 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ (Condiciones críticas - Calidad de drenaje: Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

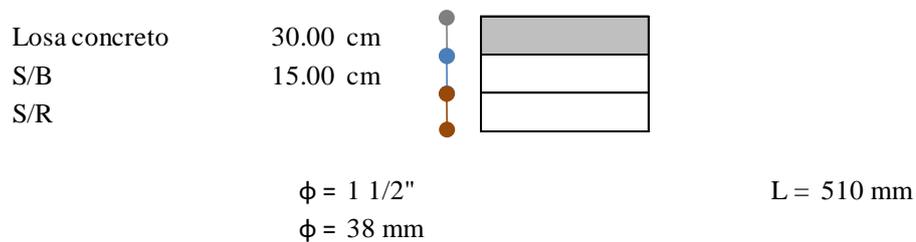
$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

*Espesor de losa:

$$D = 13.08 \text{ plg} \quad 33.22 \text{ cm}$$

$$D_P = 11.98 \text{ plg} \quad 30.43 \text{ cm}$$



14 Días

$$f'_c = 207.7 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR})$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PCI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 50 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 711 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 216177 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3074037 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno} \quad (\text{Condiciones cr\u00edticas - Calidad de drenaje:})$$

* Transferencia de
cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

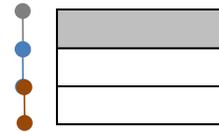
*Espesor de losa:

$$D = 13.14 \text{ plg} \quad 33.38 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.04 \text{ plg} \quad 30.58 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

31.00 cm
15.00 cm



$\phi = 1 \frac{1}{2}''$
 $\phi = 38 \text{ mm}$

$L = 510 \text{ mm}$

21 Días

$f'_c =$

225.6 kg/cm^2

* Suelos:

$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$
(60%
 $K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3$ CBR)
 $h = 15 \text{ cm}$
 $K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$
 $K_C = 247 \text{ PSI}$

*

Concreto:

$M_r = 50 \text{ kg/cm}^2$
 $S_c = 711 \text{ PSI}$

$$15000\sqrt{f'_c}$$

$E_c =$

$E_c = 225300 \text{ kg/cm}^2$

$E_c = 3203766 \text{ PSI}$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$C_d = 1.00$ Bueno)

* Transferencia de
cargas:

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \quad \text{Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

$$J = 3.8 \quad (\text{sin pasadores})$$

$$J_P = 3.2 \quad (\text{con pasadores})$$

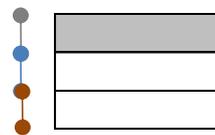
*Espesor de losa:

$$D = 13.18 \text{ plg} \quad 33.48 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.09 \text{ plg} \quad 30.71 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

31.00 cm
15.00 cm



$\phi = 1 \frac{1}{2}''$
 $\phi = 38 \text{ mm}$

$L = 510 \text{ mm}$

$M_r = 55 \text{ kg/cm}^2$

7 Días

$f'_c =$

196.4 kg/cm^2

* Suelos:

$$K_0 = 6 \quad \text{kg/cm}^3$$

$$K_1 = 16 \quad \text{kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR})$$

$$h = 15 \quad \text{cm}$$

$$K_c = 6.84 \quad \text{kg/cm}^3$$

$$K_c = 247 \quad \text{PCI}$$

* Concreto:

$$M_r = 55 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 782 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 210214 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 2989243 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ (Condiciones críticas - Calidad de drenaje: Bueno)}$$

* Transferencia de cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

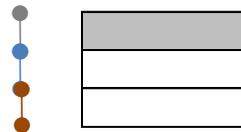
* Espesor de losa:

$$D = 12.5 \text{ plg} \quad 31.75 \text{ cm}$$

$$D_P = 11.45 \text{ plg} \quad 29.08 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

29.00 cm
15.00 cm



$\phi = 1 \frac{1}{4}''$
 $\phi = 32 \text{ mm}$

$L = 460 \text{ mm}$

14 Días

$$f'_c = 238.8 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

(60%

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \text{ CBR)}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PCI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 55 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 782 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 231797 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3296153 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de
cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

*Espesor de losa:

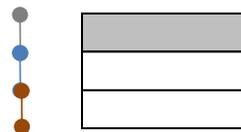
$$D = 12.56 \text{ plg} \quad 31.90 \text{ cm}$$

$$D_P = 11.50 \text{ plg} \quad 29.21 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

29.00 cm

15.00 cm



$$\phi = 1 \frac{1}{4}''$$

$$\phi = 32 \text{ mm}$$

$$L = 460 \text{ mm}$$

21 Días

$$f'_c = 239.2 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$\begin{aligned}
 K_0 &= 6 \quad \text{kg/cm}^3 && (60\% \\
 K_1 &= 16 \quad \text{kg/cm}^3 && \text{CBR}) \\
 h &= 15 \quad \text{cm} \\
 K_c &= 6.84 \quad \text{kg/cm}^3 \\
 K_c &= 247 \quad \text{PCI}
 \end{aligned}$$

*

Concreto:

$$\begin{aligned}
 M_r &= 55 \quad \text{kg/cm}^2 \\
 S_c &= 782 \quad \text{PSI} \\
 E_c &= 15000\sqrt{f'_c} \\
 E_c &= 231991 \quad \text{kg/cm}^2 \\
 E_c &= 3298912 \quad \text{PSI}
 \end{aligned}$$

* Drenaje:

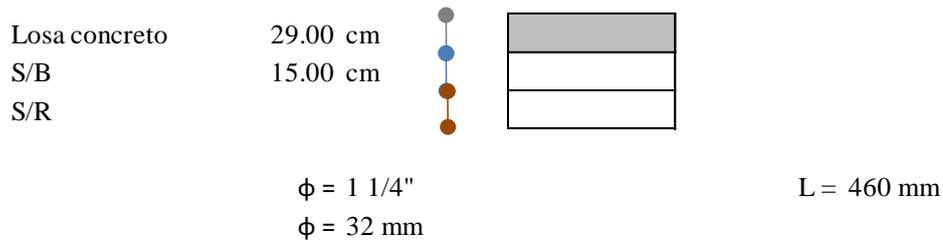
$$\begin{aligned}
 &&& \text{(Condiciones cr\u00edticas - Calidad de drenaje:} \\
 C_d &= 1.00 \quad \text{Bueno)}
 \end{aligned}$$

* Transferencia de
cargas:

$$\begin{aligned}
 J &= 3.8 \quad \text{(sin pasadores)} \\
 J_P &= 3.2 \quad \text{(con pasadores)}
 \end{aligned}$$

*Espesor de losa:

$$\begin{aligned}
 D &= 12.56 \quad \text{plg} && 31.90 \quad \text{cm} \\
 D_P &= 11.51 \quad \text{plg} && 29.24 \quad \text{cm}
 \end{aligned}$$



28 Días $f'_c = 281.3 \text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR})$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PSI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 55 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 782 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 251580 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3577468 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno})$$

* Transferencia de
cargas:

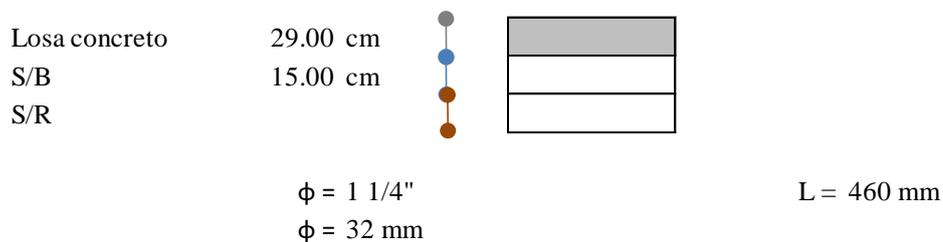
$$J = 3.8 \quad (\text{sin pasadores})$$

$$JP = 3.2 \quad (\text{con pasadores})$$

*Espesor de losa:

$$D = 12.6 \text{ plg} \quad 32.00 \text{ cm}$$

$$D_P = 11.55 \text{ plg} \quad 29.34 \text{ cm}$$



Anexo 5: Diseño de pavimento rígido – según la resistencia a la compresión de los ensayos y M_r de los ensayos

$$M_r = 45 \text{ kg/cm}^2$$

7 Días $f'_c = 146.6 \text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \quad \text{kg/cm}^3$$

$$K_1 = 16 \quad \text{kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR})$$

$$h = 15 \quad \text{cm}$$

$$K_c = 6.84 \quad \text{kg/cm}^3$$

$$K_c = 247 \quad \text{PCI}$$

* Concreto:

$$M_r = 23.5 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$S_c = 334 \quad \text{PSI}$$

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 181618 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$E_c = 2582607.96 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

$$C_d = 1.00 \quad (\text{Condiciones críticas - Calidad de drenaje: Bueno})$$

* Transferencia de cargas:

$$J = 3.8 \quad (\text{sin pasadores})$$

$$J_P = 3.2 \quad (\text{con pasadores})$$

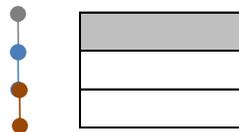
* Espesor de losa:

$$D = 18.96 \text{ plg} \quad 48.16 \text{ cm}$$

$$D_P = 17.44 \text{ plg} \quad 44.30 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

44.00 cm
15.00 cm



$\phi = 1 \frac{1}{2}''$
 $\phi = 38 \text{ mm}$

$L = 510 \text{ mm}$

14 Días

$$f'_c = 178.7 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR})$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PCI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 36.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 520 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 200518 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 2851365.96 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)$$

* Transferencia de
cargas:

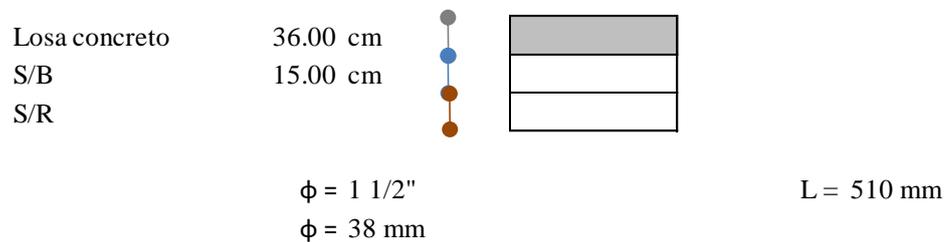
$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

*Espesor de losa:

$$D = 15.31 \text{ plg} \quad 38.89 \text{ cm}$$

$$D_P = 14.06 \text{ plg} \quad 35.71 \text{ cm}$$

**21 Días** $f'_c =$ 193.1 kg/cm²

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 K_1 &= 16 \text{ kg/cm}^3 && (60\% \text{ CBR}) \\
 h &= 15 \text{ cm} \\
 K_C &= 6.84 \text{ kg/cm}^3 \\
 K_C &= 247 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

*

Concreto:

$$\begin{aligned}
 M_r &= 41.5 \text{ kg/cm}^2 \\
 S_c &= 590 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_c &= 15000\sqrt{f'_c} \\
 E_c &= 208441 \text{ kg/cm}^2 \\
 E_c &= 2964031.02 \text{ PSI}
 \end{aligned}$$

* Drenaje:

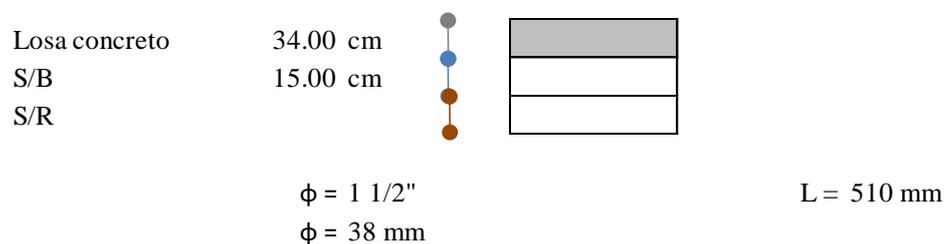
$$\begin{aligned}
 C_d &= 1.00 \text{ (Condiciones críticas - Calidad de drenaje: Bueno)}
 \end{aligned}$$

* Transferencia de cargas:

$$\begin{aligned}
 J &= 3.8 \text{ (sin pasadores)} \\
 J_P &= 3.2 \text{ (con pasadores)}
 \end{aligned}$$

*Espesor de losa:

$$\begin{aligned}
 D &= 14.40 \text{ plg} && 36.58 \text{ cm} \\
 D_P &= 13.21 \text{ plg} && 33.55 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



28 Días	$f'_c =$	210.3 kg/cm ²
----------------	----------	--------------------------

* Suelos:

K ₀ =	6	kg/cm ³	
			(60%
K ₁ =	16	kg/cm ³	CBR)
h =	15	cm	
K _C =	6.84	kg/cm ³	
K _C =	247	PCI	

*

Concreto:

Mr =	45.1	kg/cm ²
Sc =	641	PSI
Ec =	$15000\sqrt{f'_c}$	
Ec =	217526	kg/cm ²
Ec =	3093220	PSI

* Drenaje:

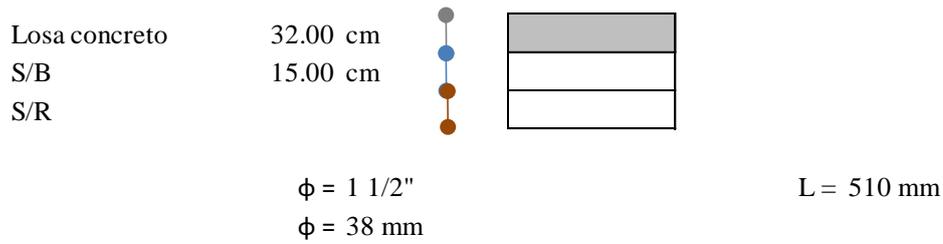
		(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:
C _d =	1.00	Bueno)

* Transferencia de
cargas:

J =	3.8	(sin pasadores)
JP =	3.2	(con pasadores)

*Espesor de losa:

D =	13.84 plg	35.15 cm
D _P =	12.7 plg	32.26 cm



$$M_r = 50 \text{ kg/cm}^2$$

7 Días $f'_c =$ 171.7 kg/cm^2

* Suelos:

$$\begin{aligned} K_0 &= 6 \text{ kg/cm}^3 \\ K_1 &= 16 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR}) \\ h &= 15 \text{ cm} \\ K_c &= 6.84 \text{ kg/cm}^3 \\ K_c &= 247 \text{ PSI} \end{aligned}$$

* Concreto:

$$\begin{aligned} M_r &= 35.8 \text{ kg/cm}^2 \\ S_c &= 509 \text{ PSI} \\ E_c &= 15000 \sqrt{f'_c} \\ E_c &= 196552 \text{ kg/cm}^2 \\ E_c &= 2794969 \text{ PSI} \end{aligned}$$

* Drenaje:

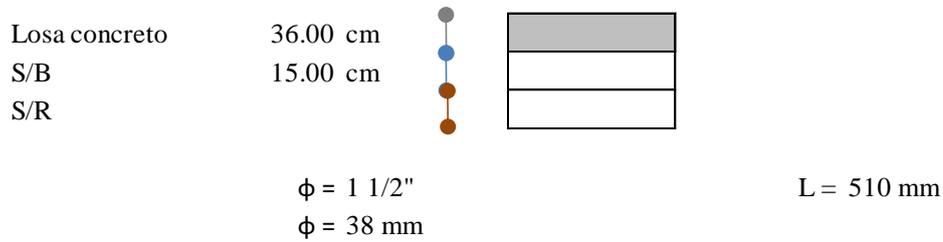
(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:
 $C_d = 1.00$ Bueno)

* Transferencia de
cargas:

J =	3.8	(sin pasadores)
JP =	3.2	(con pasadores)

*Espesor de losa:

D =	15.46 plg	39.27 cm
D _P =	14.20 plg	36.07 cm



14 Días $f'_c = 207.7 \text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

K ₀ =	6	kg/cm ³	
			(60%
K ₁ =	16	kg/cm ³	CBR)
h =	15	cm	
K _C =	6.84	kg/cm ³	
K _C =	247	PCI	

*

Concreto:

Mr =	40.4	kg/cm ²
Sc =	574	PSI
Ec =	$15000\sqrt{f'_c}$	
Ec =	216177	kg/cm ²
Ec =	3074037	PSI

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$Cd = 1.00 \quad \text{Bueno)}$$

* Transferencia de
cargas:

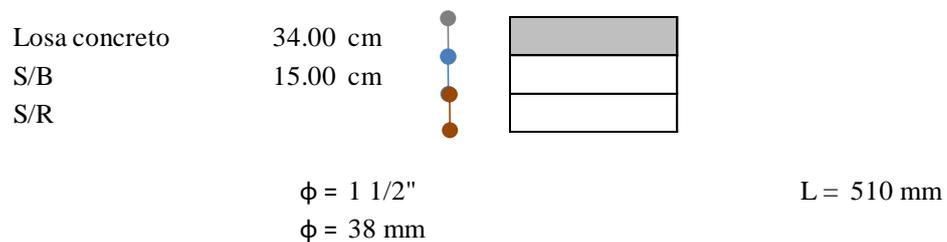
$$J = 3.8 \quad (\text{sin pasadores})$$

$$JP = 3.2 \quad (\text{con pasadores})$$

*Espesor de losa:

$$D = 14.62 \text{ plg} \quad 37.13 \text{ cm}$$

$$D_P = 13.42 \text{ plg} \quad 34.09 \text{ cm}$$



21 Días $f'_c = 225.6 \text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\%$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \quad \text{CBR})$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PCI}$$

*

Concreto:

$$Mr = 46.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 654 \text{ PSI}$$

$$15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c =$$

$$E_c = 225300 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3203766 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de
cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

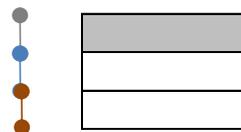
*Espesor de losa:

$$D = 13.72 \text{ plg} \quad 34.85 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.59 \text{ plg} \quad 31.98 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

32.00 cm
15.00 cm



$\phi = 1 \frac{1}{2}''$
 $\phi = 38 \text{ mm}$

$L = 510 \text{ mm}$

28 Días

$f'_c = 245.1 \text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

(60%

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \text{ CBR)}$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_C = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_C = 247 \text{ PSI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 50.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 714 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 234835 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3339354 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de
cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

*Espesor de losa:

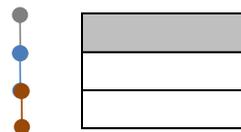
$$D = 13.15 \text{ plg} \quad 33.40 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.06 \text{ plg} \quad 30.63 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

31.00 cm

15.00 cm



$$\phi = 1 \frac{1}{2}''$$

$$\phi = 38 \text{ mm}$$

$$L = 510 \text{ mm}$$

$$Mr = 55 \text{ kg/cm}^2$$

7 Días

 $f'_c =$

$$196.4 \text{ kg/cm}^2$$

* Suelos:

$$\begin{aligned} K_0 &= 6 && \text{kg/cm}^3 \\ K_1 &= 16 && \text{kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR}) \\ h &= 15 && \text{cm} \\ K_C &= 6.84 && \text{kg/cm}^3 \\ K_C &= 247 && \text{PCI} \end{aligned}$$

* Concreto:

$$\begin{aligned} Mr &= 40.2 && \text{kg/cm}^2 \\ Sc &= 572 && \text{PSI} \\ E_c &= 15000\sqrt{f'_c} \\ E_c &= 210214 && \text{kg/cm}^2 \\ E_c &= 2989243 && \text{PSI} \end{aligned}$$

* Drenaje:

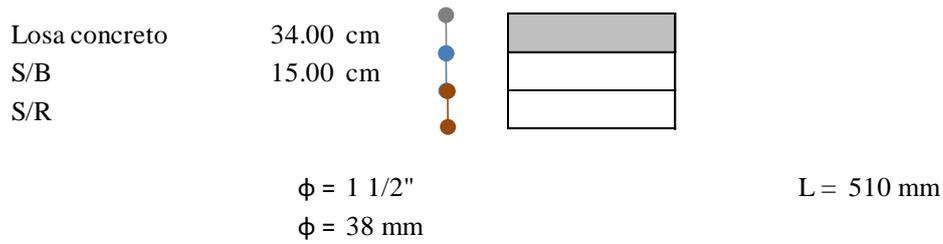
$$Cd = 1.00 \quad (\text{Condiciones críticas - Calidad de drenaje: Bueno})$$

* Transferencia de cargas:

$$\begin{aligned} J &= 3.8 && (\text{sin pasadores}) \\ JP &= 3.2 && (\text{con pasadores}) \end{aligned}$$

*Espesor de losa:

$$\begin{aligned} D &= 14.63 \text{ plg} && 37.16 \text{ cm} \\ D_P &= 13.43 \text{ plg} && 34.11 \text{ cm} \end{aligned}$$



14 Días	$f'_c =$	238.8 kg/cm²
----------------	----------	--------------------------------

* Suelos:

$K_0 =$	6	kg/cm ³	
			(60%
$K_1 =$	16	kg/cm ³	CBR)
$h =$	15	cm	
$K_C =$	6.84	kg/cm ³	
$K_C =$	247	PCI	

*

Concreto:

$M_r =$	44.6	kg/cm ²
$S_c =$	634	PSI
$E_c =$	$15000\sqrt{f'_c}$	
$E_c =$	231797	kg/cm ²
$E_c =$	3296153	PSI

* Drenaje:

		(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:
$C_d =$	1.00	Bueno)

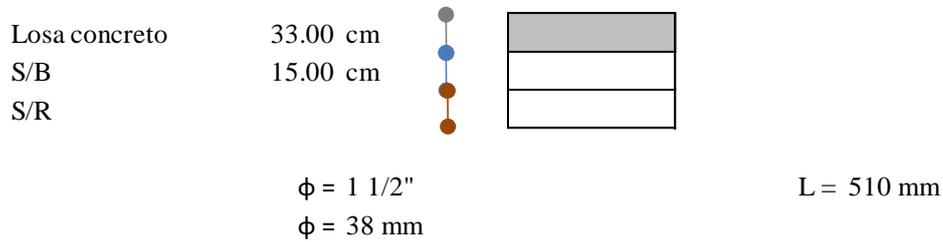
* Transferencia de cargas:

$J =$	3.8	(sin pasadores)
$JP =$	3.2	(con pasadores)

*Espesor de losa:

$$D = 13.95 \text{ plg} \quad 35.43 \text{ cm}$$

$$D_P = 12.80 \text{ plg} \quad 32.51 \text{ cm}$$



21 Días $f'_c = 239.2 \text{ kg/cm}^2$

* Suelos:

$$K_0 = 6 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_1 = 16 \text{ kg/cm}^3 \quad (60\% \text{ CBR})$$

$$h = 15 \text{ cm}$$

$$K_c = 6.84 \text{ kg/cm}^3$$

$$K_c = 247 \text{ PSI}$$

*

Concreto:

$$M_r = 50.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_c = 722 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 231991 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3298912 \text{ PSI}$$

$$S_c = 786 \text{ PSI}$$

$$E_c = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 251580 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 3577468 \text{ PSI}$$

* Drenaje:

(Condiciones críticas - Calidad de drenaje:

$$C_d = 1.00 \text{ Bueno)}$$

* Transferencia de
cargas:

$$J = 3.8 \text{ (sin pasadores)}$$

$$J_P = 3.2 \text{ (con pasadores)}$$

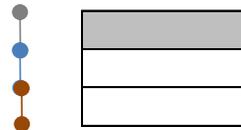
*Espesor de losa:

$$D = 12.57 \text{ plg} \quad 31.93 \text{ cm}$$

$$D_P = 11.52 \text{ plg} \quad 29.26 \text{ cm}$$

Losa concreto
S/B
S/R

29.00 cm
15.00 cm



$$\phi = 1 \frac{1}{4}''$$

$$\phi = 32 \text{ mm}$$

$$L = 460 \text{ mm}$$

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 11. Análisis granulométrico - agregado fino

Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Peso específico - agregado fino

Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Contenido de humedad - agregado fino

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Análisis granulométrico - agregado grueso

Fuente: Elaboración propia



Figura 15. Peso unitario suelto - agregado grueso

Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Peso específico - agregado grueso

Fuente: Elaboración propia