

“Año del Dialogo y la Reconciliación Nacional”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley Nº 25265)

FACULTAD DE INGENIERIA MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL- LIRCAY



TESIS

**“DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA
ELABORACIÓN DE ADOQUINES CON MATERIAL
RECICLADO DE NEUMÁTICOS EN LA PROVINCIA
DE HUANCAMELICA”**

LINEA DE INVESTIGACIÓN

CONSTRUCCIÓN

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

BACH: LEDEZMA CHUMBES, FELIPE

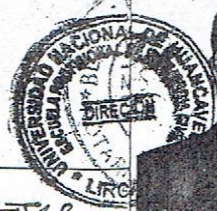
BACH: YAURI HUIZA, WILDER

ASESOR:

Arq. SALAS TOCASCA, Hugo Camilo

LIRCAY – HUANCAMELICA

2018



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS.

EN EL PARANITO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA MINAS CIVIL AMBIENTAL DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL-URCAY A LOS 27 DIAS DEL MES ENERO DEL 2017, SIENDO 3:00 PM, SE INSTALO LOS MIEMBROS DEL JURADO EN BASE A LA RESOLUCION DE CONCEJO DE FACULTAD N° 026-2017-FIMCA-UNH DE FECHA 26 DE ENERO DEL 2017, EN LA CUAL SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO: APROBAR HORA Y FECHA PARA LA SUSTENTACION DE LA TESIS CUYO TITULO ES "DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO PARA ELABORACION DE ADQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCABUECA" SIENDO LOS RESPONSABLES DEL PROYECTO DE INVESTIGACION LOS BACHILLEROS EN INGENIERIA CIVIL, LEDEZMA CHUMBE, FELIPE Y YAURI HUIZA, WILDER, SIENDO LOS MIEMBROS DEL JURADO: ING. CAMAR OJEDA ENRIQUE RIGOBERTO (PRESIDENTE), ING. URIEL NEIRA CALSIN (SECRETARIO), LIC. SURICHACUI GUTIERREZ FRANKLIN (VOCAL), CON LA FINALIDAD DE EVALUAR LA SUSTENTACION DE TESIS, REFERIDO, INMEDIATAMENTE DESPUES SE PROCEDE CON LA INTERVENCION DEL PRESIDENTE, DANDO LAS INSTRUCCIONES CORRESPONDIENTES PARA EL TITULO DE LA SUSTENTACION, SEGUIDAMENTE TERMINADA LA SUSTENTACION DE TESIS, SE PROCEDE CON LA FORMULACION DE PREGUNTAS POR PARTE DE LOS MIEMBROS DEL JURADO LAS CUALES FUERON ABSUELTAS POR LOS TESISISTAS. LOS MIEMBROS DEL JURADO DESPUES DE UN INTENSO DEBATE SE RESUELVE APROBAR LA SUSTENTACION DE LA TESIS POR UNANIMIDAD, SIENDO LAS 4:00 PM DEL DIA 27 DE ENERO DEL 2017, EN SEÑAL DE CONFORMIDAD FIRMAR AL PIE DEL PRESENTE.

Francisco Surichacui E.
Vocal

ING. ENRIQUE CAMAR OJEDA
PRESIDENTE

ING. URIEL NEIRA CALSIN
SECRETARIO

CERTIFICADO QUE LA TESIS
DE LA ORIGEN
03 JUL

DEDICATORIA

A Dios y a mi Madre

Estela Huiza Cunya, por su amor, confianza, dedicación, formación y paciencia que me brindo, desde el primer momento de mi existencia.

A mis Hermanos:

Fredy, Silvia Yeni, Huber, Javier y Alex, por su apoyo y Motivación Incondicional para la realización de esta tesis.

A mis Queridos Sobrinos:

Josep, Andrea, André, Naomi, Aleyda, Fany, Aní y Eduardo, por ser la alegría de mi vida

Wilder

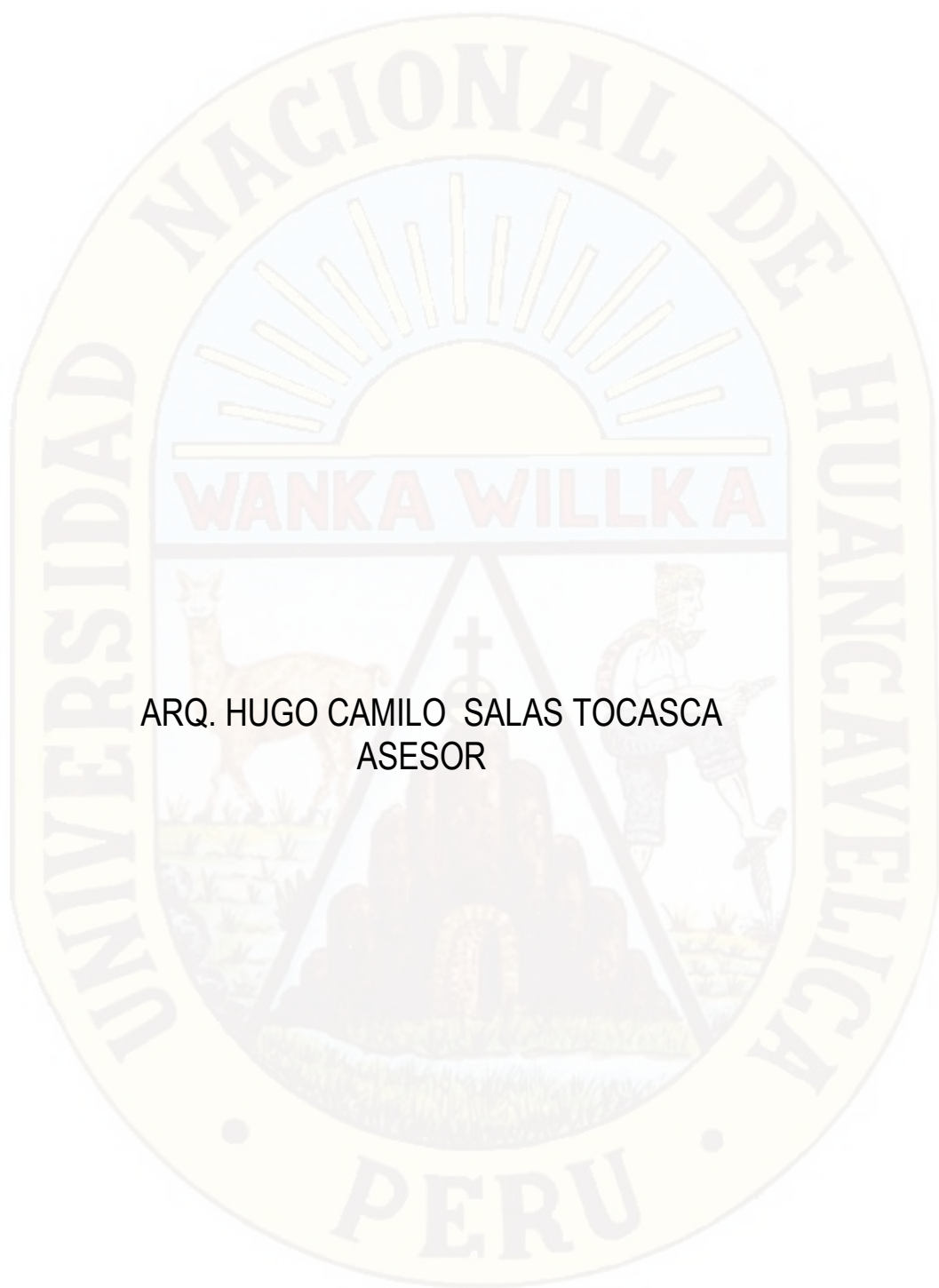
A mis Padres

Felipe y Guillermina, por su apoyo incondicional para ser exitoso en la vida.

A mis Hermanos

Delfin, Elisa, Rafael Cesar, quienes siempre me alentaron y ser un ejemplo.

Felipe



ARQ. HUGO CAMILO SALAS TOCASCA
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

- A nuestro tutor de tesis, **Arq. Hugo Camilo Salas Tocasca**, por transmitirnos sus conocimientos en la línea de investigación desarrollada, y por permitirnos conocer su lado humano con cualidades de paciencia, comprensión y apoyo incondicional.
- A la Universidad Nacional de Huancavelica y a los Catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por permitirnos desarrollarnos como estudiantes y forjar el futuro profesional que obrará en bien de nuestra comunidad.
- A nuestros compañeros de estudio, con quienes logramos compartir valiosas enseñanzas y de quienes siempre quedará el recuerdo de sus cualidades personales.
- A nuestros padres, hermanas y hermanos; por el incommensurable cariño y denodado esfuerzo para cumplir nuestro primer objetivo y por habernos enseñado a ser felices independientemente de las circunstancias.
- A todos ellos ¡Muchas gracias!

Los tesisistas.

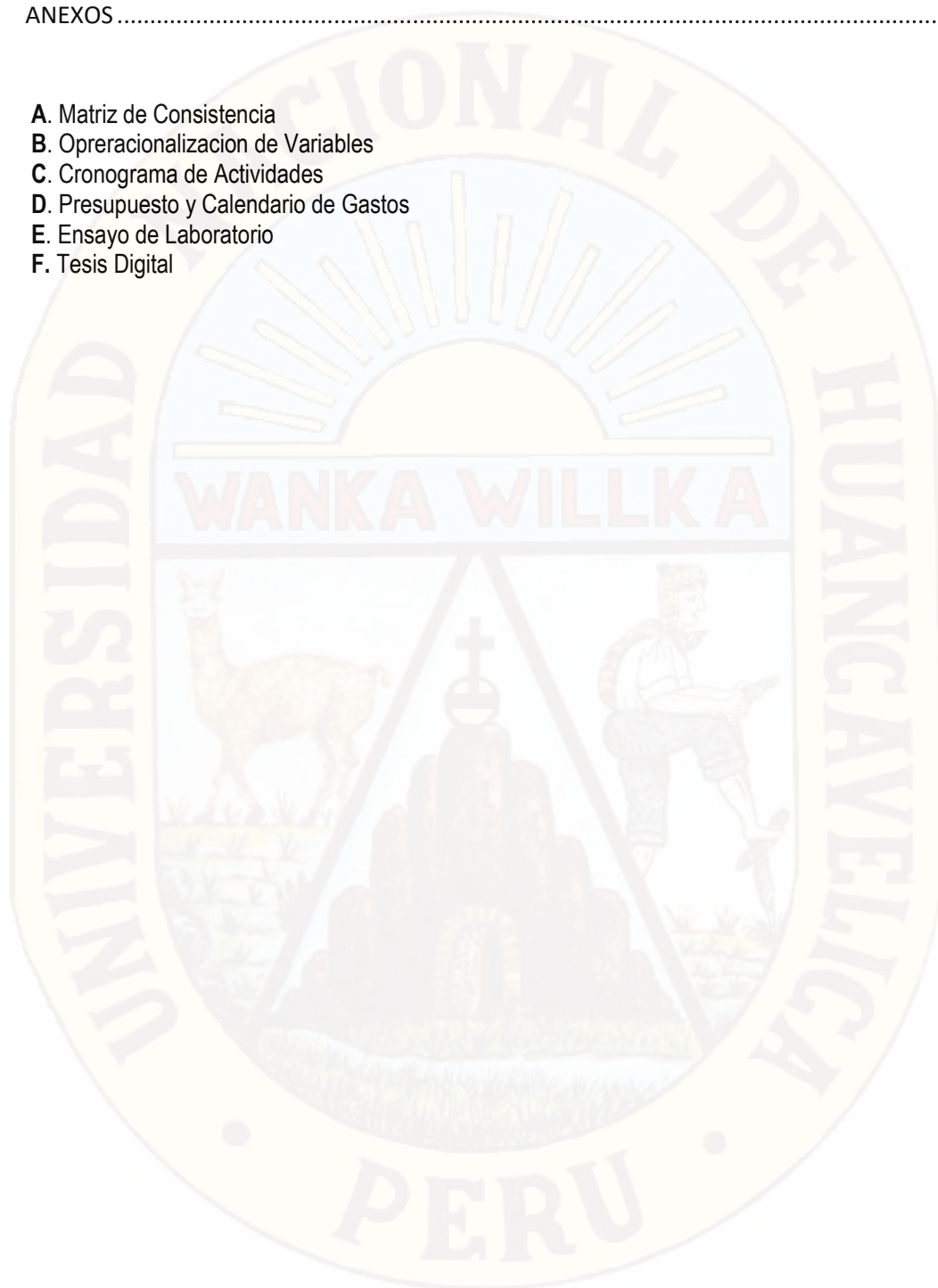
INDICE

INDICE	v
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRAC.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I	14
PROBLEMA	14
1.1. Planteamiento del problema	14
1.2. Formulación Del Problema	17
1.2.1. Problema General:	17
1.2.2. Problemas específicos	17
• ¿De qué manera influyen la incorporación de un determinado porcentaje de material reciclado de neumáticos en los diseños de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica?	17
• ¿Cuál será la resistencia del adoquín de concreto con y sin material reciclado de neumáticos en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica?	17
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivos Específicos.....	18
1.4 Justificación.....	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.2. Bases teóricas.....	28
2.2.1. Los pavimentos de adoquines.....	28
2.2.1.1. Antecedentes de la pavimentación.....	28
2.2.2. El Concreto	32
2.2.3. Definición de agregados según norma ASTM Y NTP	42
2.2.4. Ensayos a compresión y flexión	49
2.2.5. Métodos de prueba a mezcla.....	50

2.2.5.1. Método de prueba normalizada para determinar el revenimiento en el concreto elaborado con cemento hidráulico, ASTM C 143	50
2.2.6. Los neumáticos usados	56
2.2.6.1. Los neumáticos usados un problema global	56
2.2.6.2. Aplicaciones del neumático reciclado	57
2.2.6.3. Algunas experiencias de utilización del material reciclado de neumáticos	59
2.3. Formulación de la Hipótesis	60
2.3.1. Hipótesis general	60
2.3.2. Hipótesis específicas	60
2.4. Variables de estudio	60
CAPÍTULO III	61
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	61
3.1. Ámbito de estudio	61
3.2. Tipo de Investigación	61
3.3. Nivel de Investigación	61
3.4. Método de investigación	62
3.5. Diseño de investigación	63
3.6. Población, Muestra, Muestreo	64
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
3.8. Procedimiento de recolección de datos	65
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	65
3.9.1. Procesamiento	65
3.9.2. Análisis de datos	65
CAPÍTULO IV	66
RESULTADOS	66
4.2. Presentación de resultados	66
4.2.1. Recopilación de materia prima	66
4.2.3. Definición de proporciones	69
4.2.4. Resultados Obtenidos	75
4.3. Discusión de resultados	84
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

ANEXOS	90
--------------	----

- A. Matriz de Consistencia
- B. Operacionalización de Variables
- C. Cronograma de Actividades
- D. Presupuesto y Calendario de Gastos
- E. Ensayo de Laboratorio
- F. Tesis Digital



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos para diseño de mezclas para un metro cúbico de concreto fresco.	42
Tabla 2. Límites de la granulometría para agregado fino según Especificaciones de la norma ASTM C-33	44
Tabla 3. Rangos de clasificación de la arena según el módulo de finura.....	44
Tabla 4. Asentamientos usuales para varios tipos de construcción.....	51
Tabla 5. Procedimientos para el manejo de neumáticos usados.....	58
Tabla 6 proporciona miento mezcla patrón uso en adoquines.....	71
Tabla 7. proporciona miento mezcla A-1 con un 25% de polvo de llanta.....	71
Tabla 8. proporciona miento mezcla A-2 con un 35% de polvo de llanta.....	72
Tabla 9. proporciona miento mezcla A-3 con un 40% de polvo de llanta.....	73
Tabla 10. proporciona miento con un 25% de polvo de llanta.....	74
Tabla 11. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla patrón de concreto.	75
Tabla 12. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).	75
Tabla 13. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-2 adoquín con polvo de llanta (35%).	76
Tabla 14. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-3 adoquín con polvo de llanta (40%).	76
Tabla 15. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuado a Diseño de mezcla patrón de concreto (0% de material reciclado).	77
Tabla 16. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuado a diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).	77
Tabla 17. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-2 adoquín con polvo de llanta (35%).	77
Tabla 18. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-3 adoquín con polvo de llanta (40%).	78
Tabla 19. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).	79
Tabla 20. Resultados ensayo resistencia a flexión promedio efectuado a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).	79
Tabla 21. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta).	80
Tabla 22. Resultados ensayo resistencia a compresión promedio efectuado a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta.	80
Tabla 23. Resultados ensayo temperatura de mezcla.....	81
Tabla 24. Resultados ensayo de revenimiento.	82
Tabla 25. Resultados ensayo de peso volumétrico.	82
Tabla 26. Resultados ensayo contenido de aire.	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Requisito granulométrico para agregado fino - Norma MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D4221.....	36
Figura 2 Curva Granulométrica. Requisito granulométrico para agregado Grueso - Norma MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422.....	37
Figura 3 Polvo de Neumático reciclado.....	37
Figura 4 Polvo de Neumático reciclado. Fotografía tomada por los tesisistas.....	38
Figura 5 Efecto de la relación agua–cemento en la resistencia a la Compresión y a la tensión por flexión a los 28 días.	39
Figura 6. Identificación de neumáticos en desuso en la av. Andrés Avelino Cáceres Yananaco-Huancavelica.....	66
Figura 7. Recolección de llantas en la av. Andrés Avelino Cáceres Yananaco.....	67
Figura 8. Proceso de esmerilado en llanta de hule.....	68
Figura 9. Muestra del material de hule de llanta ya procesado.....	68
Figura 10. Muestra de mezcla seca para adoquines patrón.....	69
Figura 11. Muestra de mezcla seca para adoquines patrón.....	70
Figura 12. Máquina mezcladora para mezclas secas.....	71
Figura 13. Muestra A-1 de adoquines con polvo de llanta.....	72
Figura 14. Muestra A-3 adoquines última bachada.....	73
Figura 15. Prueba de concreto recién mezclado.....	81
Figura 16. Muestra de la prueba de revenimiento.....	82
Figura 17. Aparato tipo B (aparato tipo Washington) ASTM C 231-78.....	83
Figura 18. Mezcla de concreto con polvo fino de llanta.....	83

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, permite el analizar el reemplazo del material reciclado del caucho en el Diseño de un adoquín que cumpla con las características mecánicas, de los que actualmente se encuentran en el mercado de la construcción, a través del uso de una mezcla de concreto que utilice polvo de neumático en determinada proporción como agregado fino.

Se sabe que los neumáticos fuera de uso son perjudiciales para la salud como también para el planeta, debido al uso irracional que se les ha dado durante muchos años en países como Perú. Este trabajo de graduación trata acerca de un uso, con el cual se pretende minimizar el daño ocasionado por los mismos, como material primario en una mezcla de concreto para elaboración de adoquines.

De acuerdo, a los objetivos planteados tenemos los siguientes resultados se tiene los ensayos hechos a la mezcla seca bajo normas ASTM, sólo el de contenido de aire presenta un aumento debido a la inclusión de polvo de llanta.

En resumen, se puede inferir que es factible, de acuerdo a los datos analizada, utilizar el 25% en peso de Polvo de Neumático de tamaño aleatorio (al azar), ya que no deteriora las características del concreto, además lo vuelve más liviano y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente.

Palabras claves: Mezcla, Concreto, Material reciclado, Adoquines

ABSTRACT

This research work, allows to analyze the replacement of recycled rubber material in the design of a paving stone that meets the mechanical characteristics of those currently in the construction market, through the use of a mixture of concrete that uses tire powder in a certain proportion as fine aggregate.

It is known that out-of-use tires are harmful to health as well as to the planet, due to the irrational use that has been given to them for many years in countries like Peru. This graduation work is about a use, with which it is intended to minimize the damage caused by them, as primary material in a concrete mix for making paving stones.

According to the objectives we have the following results, we have the tests done to the dry mix under ASTM standards, only the air content presents an increase due to the inclusion of rim dust.

In summary, it can be inferred that it is feasible, according to the analyzed data, to use 25% by weight of Randomized Dust Powder (random), since it does not deteriorate the characteristics of the concrete, it also makes it lighter and At the same time, it helps to diminish the negative effects generated by rubber waste in the environment.

Keywords: *Mix, Concrete, Recycled material, Cobbles*

INTRODUCCIÓN

En la ingeniería civil se encontró la manera de reutilizar desechos, al inicio en la elaboración de mezclas asfálticas se aprovechan las cualidades del caucho para obtener mayor durabilidad, sin embargo en el diseño de mezcla del concreto se requiere otro tipo de cualidades; como se sabe la resistencia del concreto sometido a grandes esfuerzos de compresión es aportada en gran parte por la calidad y composición de los agregados, al reemplazar un porcentaje del volumen del agregado para establecer así la viabilidad de usar el material reciclado y proponer nuevos estudios en base a los resultados.

En la actualidad, los problemas ambientales que cada vez se tornan más evidentes y toman mayor relevancia en las nuevas políticas de desarrollo, actualmente se hace necesaria la búsqueda de tecnologías que permitan mitigar estos impactos y que permitan el aprovechamiento máximo de los materiales, el reciclado de los desechos es la clave del desarrollo sostenible, entre estos y en particular para este trabajo están los neumáticos de automóviles, los cuales ocupan un gran volumen en la totalidad de desechos producidos semanalmente en la ciudad de Huancavelica, en el campo de la ingeniería civil, inicialmente se ha permitido ya la reutilización del caucho de neumáticos en un comienzo como combustible alternativo para la producción de cemento y en menor medida para la fabricación de concreto y pavimento, en este trabajo se determinara experimentalmente el comportamiento de una mezcla de concreto diseñada con unos porcentajes previamente sugeridos, que busquen el reemplazo para el agregado fino con material de neumático reciclado, en donde se determinara si el comportamiento y las cualidades de esta mezcla son apropiadas para su utilización como concreto estructural, el cual deberá satisfacer los parámetros mecánicos de resistencia contemplados dentro de la normatividad del reglamento peruano de construcción sismo resistente NSR-E30; se elaborarán los ensayos de laboratorio pertinentes y establecidos por la normatividad para la entrega de los resultados de la presente investigación, la cual tendrá como finalidad determinar si los porcentajes utilizados de material reciclado como sustitución del agregado fino dentro de la mezcla, no afectan las cualidades mecánicas de resistencia del concreto para establecer

finalmente si el uso de este material como agregado alterno, resulta óptimo para el diseño de concretos destinados al uso estructural.

El trabajo se divide en cuatro capítulos. En el primer capítulo se realiza el planteamiento del problema y comprende la fundamentación del problema, la formulación del problema, los objetivos de la investigación y la justificación.

El segundo capítulo presenta el marco teórico de la investigación, el cual sirve de fundamento científico para la formulación de las hipótesis y el análisis de los resultados de la investigación y comprende los antecedentes de la investigación, bases teóricas, formulación de hipótesis, definición de términos, identificación de variables y operacionalización de variables.

En el tercer capítulo se describe la metodología de la investigación, estos son el tipología, nivel, método y diseño de investigación, así como la población, muestra y muestreo de la investigación; las técnicas e instrumentos de recolección de datos; técnicas e instrumentos de recolección de datos, de procesamiento y análisis de datos y la descripción de la prueba de hipótesis.

En el cuarto capítulo se presenta el trabajo de campo de la investigación que incluye la presentación e interpretación de los datos, proceso de prueba de hipótesis y la discusión de los resultados.

Finalmente, como resultado de la investigación, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El documento Agenda 12 (2013, p 37), manifiesta que: “La magnitud del problema se ve reflejada en que por año, más de 240 millones de neumáticos usados en EE.UU y otros 120 millones la Unión Europea.” Como se puede apreciar, en ambas zonas el volumen de este descarte es elevado, la masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer una vez usados, constituye uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años en todo el mundo.

El Perú no se encuentra exento de este problema, pues tal como lo afirmaría la Comisión de cooperación ecológica Fronteriza (2008), citado por Magallanes & Guillen (2014) La gestión deficiente de residuos como son los neumáticos, hace que muchas veces se les trate como basura normal, pero en este caso su acumulación sin control constituye un probable foco de infección.

La Revista Ingeniería Construcción (2012, p. 19), opina que:

el principal problema que existe para el reciclaje de los neumáticos usados es la dispersión geográfica en la generación de estos residuos, que presenta serias dificultades al proceso de recogida, sobre todo económico, común a la aplicación de cualquier tecnología. Además, se presentan una serie de problemas de almacenamiento, al ser un producto altamente inflamable y capaz de producir nubes tóxicas en caso de incendio, que se unen a las financieras, por el gran volumen que ocupan. Si nos centramos.

exclusivamente en el problema técnico de la eliminación de los neumáticos usados, éste pasa por la aplicación de las tecnologías de procesamiento para la separación de los componentes que actualmente se utilizan.

Son muchos los intentos que entidades nacionales e internacionales están realizando para enfrentar este problema, es así que La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), publicó la NOM-161-SEMARNAT 2011, en él establecen los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a un Plan de Manejo, así como los elementos y procedimientos para la formulación de los mismos; asimismo en el numeral VIII de su normativa, se listan los productos que al transcurrir su vida útil se desechan, entre los cuales se encuentran los Neumáticos de desecho.

Sin embargo, Magallanes & Guillen (2014, p.4), en su informe de investigación N° 61/20142015, afirma que:

En la actualidad, el Perú no dispone de un marco normativo específico y/o adecuado para enfrentar el problema del tratamiento de los neumáticos fuera de uso. Por ende, se hace necesario que esta situación sea atendida por las entidades responsables, como: Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud, las autoridades regionales y locales, entre otros, con la finalidad de desarrollar una normatividad adecuada que se oriente a resolver esta problemática.

En nuestro país, se percibe el deterioro del medioambiente, específicamente en el sistema ecológico, por la presencia de una cantidad excesiva de basura, como producto de la irresponsabilidad de los habitantes respecto al medioambiente; el cual trae como consecuencia la presencia de enfermedades cutáneas y respiratorias en los habitantes de la provincia de Huancavelica. Es notoria la aglomeración de neumáticos en espacios inadecuados de la ciudad, donde proliferan roedores, insectos y otros animales que son agentes vectores de la insalubridad, ocasionado por la falta de orientación sanitaria por parte de las autoridades del sector salud hacia los ciudadanos; este fenómeno en un futuro no muy lejano traerá como consecuencia la presencia de enfermedades gastrointestinales en los habitantes de la ciudad.

A todo ello se agrega, que el parque automotor que presta el servicio de transporte urbano es obsoleto y por ende contamina el medio ambiente en que vivimos con monóxido de carbono que a diario expiden, sin que las autoridades de la ciudad hagan algo por controlar la creciente contaminación del agua, del aire, de los suelos, etc. La eliminación de neumáticos una vez usados, afecta el medioambiente porque generalmente éstos terminan su vida útil en basureros incontrolados. El problema de la disposición final de los neumáticos fuera de uso no encontró hasta el presente una respuesta eficiente en la Provincia de Huancavelica. Como prácticas más comunes, se encuentran dos; la acumulación indiscriminada en sitios no adecuados (a la intemperie o acumuladas en vertederos no controlados, en sitios baldíos, en patios traseros, en los techos de viviendas) y la utilización como combustible alternativo, coincidentemente ambas son las menos apropiadas por las consecuencias nocivas para la salud y el medio ambiente que presentan en la ciudad de Huancavelica y que no es característico propia de nuestra ciudad ya que como lo afirma Cornejo:

Durante las últimas acciones de protesta realizadas en la ciudad de Iquitos, se volvió a efectuar la quema de llantas en las calles. Nuevamente se vio a los “pacíficos” manifestantes, quienes provistos de palos incrustados con clavos en sus extremos y en medio de un marco de llamas de fuego, denso humo negro y botellas de vidrio rotas regadas en las pistas, reclamaban y exigían, sin importarles el gran daño que causaban al medio ambiente. (2015, p. 70):

Pero, ¿cuáles son las posibilidades de utilizar neumáticos usados?, para Swaneck, una posibilidad es la

“reutilización lo que busca es darles utilidad práctica a los neumáticos (...) utilizando sus flancos, y bandas de rodamiento. Algunos ejemplos de reutilización se observan en la implementación de parques infantiles, defensa de muelles o embarcaciones, rompeolas, en la construcción de barreras anti-ruídos, taludes de carretera, pistas de carreras, utilizaciones agrícolas para retener el agua, entre muchas otras aplicaciones. (2011, p. 28).

Hernández, (2013, p.7), explica otra posibilidad que es la del reciclaje sosteniendo que: “Se entiende por reciclaje al proceso fisicoquímico o mecánico que permite que una materia o un producto ya utilizado se convierta en materia prima o un nuevo producto que pueda ser reintroducido en un ciclo de vida útil”. Precisamente en esta segunda propuesta, queremos encontrar una posibilidad de uso a los neumáticos reciclados con la finalidad de aportar con el bienestar de la población desde la perspectiva ecológica y medioambiental; por ello buscaremos la aplicación de conocimientos para estudiar la influencia del material reciclado de neumáticos en el diseño de mezclas de concreto para adoquines; y poder determinar su utilización en un determinado porcentaje de tal manera que pueda soportar los estándares requeridos de los estudios de compresión y tensión.

1.2. Formulación Del Problema

1.2.1. Problema General:

¿De qué manera influye el material reciclado de neumáticos, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera influyen la incorporación de un determinado porcentaje de material reciclado de neumáticos en los diseños de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica?
- ¿Cuál será la resistencia del adoquín de concreto con y sin material reciclado de neumáticos en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia del material reciclado de neumáticos en la resistencia a la compresión y tensión, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica

1.3.2. Objetivos Específicos

2. Determinar la influencia de las mezclas de concreto reforzado con diferentes porcentajes de material reciclado de neumáticos para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica.
3. Determinar la resistencia del adoquín de concreto con y sin material reciclado de neumáticos en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica

1.4 Justificación

El presente trabajo de investigación, busca la aplicación de conocimiento y conceptos básicos de diseño de mezcla en la elaboración de adoquines y busca a través de la experimentación que el material reciclado (polvo de neumático) sea utilizada en el desarrollo de tecnologías que optimicen su reutilización. Todo ello en el marco de un desarrollo sostenible y la búsqueda de protección del medio ambiente.

Consideramos imperante estas soluciones, ya que debido a la cultura de consumo, la sociedad cada vez exige mayor explotación de recursos naturales, que contaminan, por ejemplo; el volumen de neumáticos desechados anualmente es alto y su correcta eliminación como biodegradación muy lenta, la reutilización de materiales de caucho desechados es un aporte importante para la preservación del medio ambiente, de ahí que indicios en la relevancia de este trabajo, el cual se centra en analizar el comportamiento del grano de caucho reciclado en una mezcla, en donde se reemplazará un porcentaje del agregado fino dentro del diseño de mezcla del concreto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes Internacionales

- **López S. (2010), en la tesis “Uso de Polvo de Llanta como agregado fino en una mezcla de concreto para elaboración de Adoquines”, trabajo de investigación realizada para la obtención del título de Ingeniero civil, en la Universidad de San Carlos de la República de Guatemala, cuyo, objetivo principal es de desarrollar un adoquín que cumpla las características mecánicas y físicas de los que actualmente se encuentran en el mercado de la construcción, a través del uso de una mezcla de concreto que utilice polvo de neumáticos en determinada proporción como agregado fino, y cuyas conclusiones son las siguientes:**

- 1) El uso de polvo de llanta en una mezcla de concreto demostró ser no compatible en el desarrollo de las características mecánicas de la misma, porque disminuye la capacidad de la resistencia a la compresión y la flexión, según estándares de la norma propuesta COGUANOR y de la norma colombiana ICONTEC.

- 2) Debido a la disminución de la resistencia tanto a flexión como a compresión en edades tempranas y tardías, no se recomienda el uso de este tipo de adoquín en arterias vehiculares.

- 3) Si bien el uso de llantas como adición en la mezcla es de provecho para el medio ambiente, se necesita tener o buscar una mejor alternativa para la transformación del material de hule de llanta, ya que el utilizado en este trabajo fue hecho completamente a mano y es un proceso lento y por ende de poca producción.

4) Se concluye que de los ensayos hechos a la mezcla seca bajo normas ASTM, sólo el de contenido de aire presenta un aumento debido a la inclusión de polvo de llanta.

- **Morales J. Suaste D. & Avila A. (2017), en la tesis “Diseño de una Mezcla con Materiales Reciclados para Producción de Adoquines”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Nacional Autónoma de México,** y cuyo principal objetivo es determinar la mezcla ideal con materiales reciclados para la producción de adoquines realizando pruebas de compresión de acuerdo a la normatividad y manufacturando una máquina para la fabricación tanto de probetas como del adoquín, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron las siguientes:

1) Los adoquines, realizados con ayuda de la herramienta para fabricación de adoquines, podrían emplearse en parques, áreas recreativas, etc., como un material de decoración y en donde la demanda de uso sea exclusivamente peatonal, y aunque no se cumple con la resistencia a la compresión de la norma NMX-C-314.

2) Conforme se aumenta la cantidad de llanta utilizada en la mezcla la resistencia disminuye, esto se cree que es a la poca compatibilidad de la mezcla de cemento con la llanta, además de que ésta, por su naturaleza, es más flexible y afecta al comportamiento del material compuesto.

Sin embargo, con respecto al cascajo rojo en sus resultados en los ensayos de compresión son muy irregulares con respecto al cascajo blanco, ya que la mezcla R-5 resultó ser más resistente que la mezcla R-2 y ligeramente más resistente que la mezcla R, esto es debido a que el cascajo rojo contiene distintos materiales.

3) Con respecto a las gráficas de los especímenes ensayados a compresión, a pesar de ser materiales compuestos, en todos los casos se observó un comportamiento similar entre ellos.

En general en las gráficas se observó un comportamiento lineal, con una zona plástica

pequeña y fallando abruptamente, aunque ésta última se hizo más evidente conforme el porcentaje de llanta en la mezcla aumentó, lo que indica una mayor ductilidad.

4) Por otro lado para mejorar las propiedades del material, se propone estandarizar el proceso de fabricación de las probetas, para así obtener resultados más confiables y fidedignos. Si realizáramos de esa manera y con algún aditivo compatible a la mezcla, se espera que los resultados alcancen, en alguna de las mezclas cuando menos, el valor mínimo requerido por la norma.

5) Otro punto a considerar fue el tipo de cascajo que se utilizó, pues si bien en general los resultados favorecieron a las probetas realizadas con cascajo tipo blanco por sobre el tipo rojo, las diferencias no fueron muy grandes, por lo que se propone rediseñar la mezcla final basados en el cascajo rojo, pues de ese modo se logra abarcar una mayor variedad de desechos potencialmente reciclables, y utilizar el cascajo “blanco” solamente cuando los requerimientos sean mayores.

6) Para el diseño de la máquina para fabricación de adoquines y probetas, y el diseño de la mezcla, se seleccionó la metodología de diseño de Ullman, debido a que se adaptó más a las necesidades del proyecto.

7) Con los resultados obtenidos, rediseñando la mezcla con un mínimo de llanta y atendiendo a las recomendaciones hechas respecto al proceso de fabricación, se espera que los adoquines cumplan con los valores mínimos de carga, por lo que se propone, basados en los resultados, un uso en vías peatonales como parques y caminos con un tránsito peatonal.

- **Pérez J. & Arrieta Y. (2017), en la tesis “Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con Caucho reciclado en un 5% de peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI”, Trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Católica de Colombia, en la ciudad de Bogotá D.C. de la Republica de Colombia, cuyo objetivo principal es Caracterizar el concreto de 3500 psi con mezcla de grano de caucho al 5% de material**

particulado fino y grueso en diferente porcentaje, comparado con una mezcla tradicional y cuyas conclusiones fueron las siguientes:

1) Con el ensayo de la resistencia a compresión la disminución fue considerable respecto al concreto tradicional, esto debido a la porosidad que se origina en la muestras con adicción de caucho reciclado, además a la baja adherencia que existe entre la pasta de concreto y el caucho este último a su baja absorción de agua no se entrelaza lo suficiente a la mezcla en estado fresco, es necesario recalcar que el caucho tiene la habilidad de experimentar grandes deformaciones elásticas antes de la falla, es decir se deforma mucho más que la pasta de concreto que lo envuelve.

2) la resistencia a la tracción indirecta se vio de la misma forma afectada por la sustitución de caucho reciclado, pero a los 28 días de edad fue recuperando su resistencia a la tracción, es posible que el espécimen desarrolle mucho más su resistencia con edades de curado posteriores a estos, hay que mencionar además que la mezcla con un porcentaje de caucho grueso mayor proporciona mejores características al concreto e incluso mejora la adherencia entre la pasta y el caucho, este comportamiento se presentó en el momento que sucedió las fracturas al aplicar carga a los especímenes estos no se separaron gracias a las propiedades de ductilidad del caucho y su capacidad de absorción de energía.

3) La mezcla que presento mejor resultado con respecto a la resistencia a compresión fue C30%/70% la cual posee más reemplazo de caucho fino por agregado fino, con un valor de 2244 Psi un 39% menos que la mezcla tradicional a sus 28 días de edad, así mismo el compuesto concreto-caucho presenta una diversidad de sus agregados, no se presentó segregación del agregado y el caucho se distribuyó casi uniformemente en todos los compuestos analizados.

4) El concreto con adicción de caucho tanto fino como grueso analizado, además de presentar buenas características a las deformaciones le otorga un peso menor a la mezcla comparado con especímenes de concreto tradicional, según los datos recolectados un espécimen de mezcla tradicional seco peso alrededor de 3.90 kg, mientras que un cilindro con caucho reciclado pesa 3.50 kg, volviendo más liviano el concreto para posibles usos en

cimentaciones e estructuras y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente.

5) En futuros estudios con este material se recomienda utilizar otras proporciones de caucho variando el tamaño en las mezclas, ajustar la cantidad de agua para generar una pasta más densa minimizando asentamientos, o utilizar un aditivo reductor de agua para que en la mezcla baje la porosidad y aumente la compacidad, de esta forma lograr mayores resistencias a compresión y tracción.

Antecedentes Nacionales

- **Suarez, I & Mujica, E. (2016), en la tesis titulado “Bloques de concreto con Material reciclable de Caucho para Obras de Edificación”, investigación realizada para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, República del Perú,** cuyo objetivo principal es Realizar un estudio técnico en el cual podamos demostrar a través de pruebas de laboratorio y análisis estadístico que el caucho granulado es apto para utilizarse como sustituto de una parte del agregado fino en la mezcla de concreto, para la fabricación de bloques huecos de concreto y cuyas conclusiones son las siguientes:

1) De acuerdo a la hipótesis uno, para la relación agua/cemento de 0.89 sin adición de caucho granulado se obtuvo una resistencia característica de 44.57 kg/cm², esta resistencia va disminuyendo según aumenta el porcentaje de caucho granulado, siendo el porcentaje óptimo un 15% de caucho granulado en volumen, sustituido en el agregado fino ya que la resistencia característica presentada en este diseño D-4 (15% caucho) es de 39.92 kg/cm², con una variación porcentual de 10.43%. La influencia del caucho granulado en la resistencia es mínima puesto que el valor de la covarianza es de -0.049, pero influirá en otras propiedades como el aislamiento acústico y térmico.

2) De acuerdo a la hipótesis dos, la variación dimensional y el alabeo se van incrementando a mayores porcentajes de caucho granulado, debido a que el caucho intenta recuperar su forma después de ser vibro-compactado. Mientras que el porcentaje de absorción y succión

se van reduciendo a mayores porcentajes de caucho, debido a que el caucho no absorbe agua.

3) De acuerdo a la hipótesis tres, el caucho granulado reemplazado en el concreto en un 15% del agregado fino, presenta mejor aislamiento acústico que un bloque convencional, estos bloques fueron expuestos a los niveles de ruido comprendidos entre 47.4 dB-65.1 dB que según la OMS es el nivel de ruido permitido al exterior de los dormitorios, observando una diferencia del 94.74% del nivel de sonido recibido entre un bloque convencional y el bloque propuesto con 15% de caucho.

4) De acuerdo a la hipótesis tres, el caucho granulado reemplazado en el concreto en un 15% del agregado fino, presenta mejor aislamiento térmico que un bloque convencional, estas cajas construidas con bloques de los diseños D-1 y D -4, fueron expuestas a temperatura ambiental por un periodo de 4 días, observándose para el D-1 una diferencia promedio de 3.91 °C, entre el ambiente y el interior de la caja, mientras que para el diseño D-4 esta diferencia es de 5.26 °C, presentando los bloques del diseño D-4 mayor aislamiento térmico en 34.53% .

5) En la tabla 24 se analizaron las resistencias alcanzadas en el ensayo de compresión axial de testigos cilíndricos de concreto, para los diseños D-2 (5% Caucho), D-3 (10% Caucho), D-4(15% caucho), se observó un decremento mínimo de la resistencia en comparación con el diseño D-1 (0% caucho), mientras que para el diseño D-5 (20% caucho) y D-6 (25% caucho) el decremento de la resistencia es considerable, por ello se eligió como diseño "óptimo" el diseño D-4, con un decremento del 15.48% en la resistencia.

6) Comparando la densidad de los diseños D-1 (0% Caucho) y D-4(15% caucho "optimo") 2.47 gr/cm³ y 2.21 gr/cm³ respectivamente, se observa que el caucho granulado ofrece al concreto la característica de aligerar la mezcla, reduciendo el peso en 10.70% por metro cubico.

7) El fraguado de los bloques de concreto con caucho granulado es más lento en comparación a los bloques fabricados con concretos convencionales.

8) A mayor porcentaje de caucho-granulado en el concreto mayor es la trabajabilidad, como se observa en las pruebas de revenimiento, el diseño 1 muestra un slump de 0.5 pulgadas mientras que el diseño W 2, 3, 4, 5 y 6 fueron aumentando hasta llegar a un slump de 1.5 pulgadas cumpliendo también con el diseño de mezcla.

9) La resistencia característica de pilas $f'm$ en el diseño D-4 se redujo en un 12.37% y en el diseño D-5 se redujo en un 36.21% ambos respecto al diseño D-1, lo que indica que el reemplazo del 15% del agregado fino por el caucho granulado no disminuye considerablemente la resistencia $f'm$. El modo de falla característico fue de tipo vertical.

10) Adicionando el 15% de caucho en el concreto (D-4), la resistencia característica $v'm$ incrementa en 11.11%, la deformación angular incrementa en 96.32%, además el módulo de rigidez disminuye en 42.31%, respecto a los muretes de diseño D-1, mostrando que el caucho granulado al 15 % proporciona al murete mayor resistencia y mayor rango de deformación antes de la falla.

11) Se observa que en el diseño D-1 (0% caucho) el módulo de rigidez dinámico (E_s) es de 3505 kg/cm² y para el D-4 (15% caucho) es 2586.30 kg/cm². Analizando estos resultados se ve que el caucho ofrece mayor flexibilidad al concreto ya que la rigidez del diseño D-4 disminuyen en un 26.23%.

12) A mayor porosidad en el concreto, la resistencia a compresión axial disminuye, el diseño D-1 presenta una porosidad de 9.27% para la resistencia de 46.47 kg/cm² y el diseño D-4 presenta una porosidad de 9.34% para la resistencia de 40.33 kg/cm², observando un aumento del 0.77% de porosidad.

- **Guzmán Y. & Guzmán E. (2015), en la tesis titulado “Sustitución de los aridos por Fibras de Caucho de Neumáticos Reciclados en la elaboración de Concreto Estructural en Chimbote - 2015”, trabajo de investigación realizado para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Santa en la ciudad de Chimbote de la Región Ancash en la República del Perú, cuyo objetivo principal del trabajo de investigación es estudiar el comportamiento físico y mecánico de las mezclas de**

concreto sustituyendo parcialmente los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural y cuyas conclusiones son las siguientes:

1) La sustitución parcial de los áridos en un C5%-FCR-G y C5%-FCR-F mejoró algunas propiedades físicas y mecánicas del concreto, y ello se comprueba en el modelamiento estructural de una edificación, que tuvo un comportamiento elástico aceptable, por lo que se recomienda el uso de este porcentaje de sustitución del árido. Por otro lado, el C15%-FCR y C25%-FCR disminuyó las propiedades físicas y mecánicas del concreto, por lo que no se recomienda su uso.

2) Con respecto a los ensayos realizados a los áridos del concreto para la obtención de la mezcla patrón según la NTP y ASTM, se concluye que los resultados obtenidos se encuentran en los parámetros y límites establecidos por las normas ya mencionadas, por consiguiente, los agregados se constituyen en elementos aptos para poder realizar los diseños de mezcla necesarios para los estudios.

3) En la elaboración de la mezcla patrón de concreto concluimos que para la elección de la resistencia promedio requerida a una resistencia de diseño a compresión de 210 kg/cm^2 , a los 28 días, debe estar entre un rango de 294 kg/cm^2 (según el método ACI-211), y debido a que no se contaba con una desviación estándar, se obtuvo una dosificación promedio de 282.7 kg/cm^2 , siendo un diseño bastante aceptable.

4) La segregación, en las mezclas concreto-caucho, hubo una distribución homogénea de las partículas de caucho dentro de la matriz y no se observó segregación, esto implica que el cemento, los agregados y el caucho no tienden a separarse, indicando una buena adherencia de este material reciclado a su matriz.

5) De la densidad seca del concreto con FCR-F y FCR-G disminuye, ya que el caucho tiene una densidad mucho menor que la densidad de los áridos y, en el caso de la absorción y porosidad, aumenta progresivamente conforme se le aumente la sustitución del caucho por los áridos, entonces se deduce que, mientras más caucho reciclado se le añada a la mezcla de concreto, este tiene la propiedad de crear espacios intersticiales, por lo que aumenta la

capacidad de retención de agua, además que permiten atrapar el agua y evitar la pérdida de la misma en el proceso de curado.

6) En el ensayo térmico y/o comportamiento al fuego se concluye que, el concreto con inclusión de caucho sometido a una temperatura de 300 °C, no se inflaman, pero quedan afectados, dando como resultado una mayor pérdida de peso en las probetas con mayor porcentaje de caucho, debido a que este es deformable cuando es sometido al fuego.

7) En el ensayo de microestructura, el concreto con inclusión de caucho grueso no se adhiere bien a la pasta de cemento, pudiendo ser causa principal de la disminución de su resistencia, pero en tamaños pequeños su adherencia es más favorable.

- **Pereda D. & Cubas N. (2015), en la tesis titulado “Investigación de los Asfaltos modificados con el uso de Caucho Reciclado de Llantas y su comparación Técnico - Económico con los Asfaltos Convencionales”, trabajo de investigación elaborado para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada Antenor Orrego de la ciudad de Trujillo en la Republica de Perú, y cuyo objetivo principal es demostrar mediante ensayos de laboratorio que un asfalto modificado con el uso de caucho reciclado de llantas tiene un mejor comportamiento físico-mecánico y posee ventajas económicas frente a los asfaltos convencionales y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron las siguientes:**

1) Queda demostrado mediante los ensayos realizados que la adición del polvo de llantas mejora el comportamiento físico-mecánico del asfalto convencional RC-70, usado en esta tesis.

2) La adición de polvo de llantas mejora la resistencia a la deformación plástica de una mezcla asfáltica. Esto se observa en el comportamiento del RC - 70 en la recuperación elástica por torsión, siendo el asfalto modificado 37 % más recuperable que el convencional.

3) La disminución de la susceptibilidad térmica de la mezcla asfáltica modificada se refleja en las propiedades físico-mecánicas del RC - 70, específicamente el punto de

ablandamiento aumenta hasta 19°C más y la penetración a 25° C disminuye en 19 mm menos.

4) Cuando se utilizan el caucho reciclado de llantas en la mezcla asfáltica, el punto de ablandamiento aumenta, garantizando que el asfalto tendrá un buen desempeño trabajando a altas temperaturas.

5) El uso de mezclas modificadas no altera los procedimientos usados normalmente en los trabajos de pavimentación.

6) Quedan expuestas las ventajas físico-mecánicas del asfalto modificado con polvo de llanta y además las ventajas económicas a largo plazo que se encuentran en el mantenimiento y tiempo de servicio de la carpeta asfáltica.

Antecedentes locales

En los Antecedentes locales NO se encontró investigaciones relacionadas a las variables materia de investigación del presente trabajo investigativo,

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Los pavimentos de adoquines

Un pavimento es una estructura o combinación de elementos que se coloca en una calle o camino, cuya finalidad es permitir un paso de tráfico más seguro, cómodo, con menor desgaste de los vehículos y proporcionando así mismo, ventajas a peatones y habitantes de la población.

Hay varios tipos de pavimentos, por ejemplo: de asfalto, de concreto, de adoquín etc. Este caso en particular se enfoca en la construcción de un adoquín, el cual utiliza polvo de llanta en una pequeña proporción como parte del agregado fino y que se analizará más adelante.

2.2.1.1. Antecedentes de la pavimentación

Sabemos que la pavimentación con adoquines, se realiza desde épocas muy antiguas, tal es así que en la Isla desde hace 5,000 años se utilizaban para pavimentar los

caminos públicos. Esta iniciativa obviamente evolucionó, tallando las piedras para un mejor ajuste entre ellas y obtener una mejor comodidad en el desplazamiento de personas y carros, lo que dio origen a los pavimentos de adoquines de piedra, tecnología ampliamente utilizada por el imperio Romano para la construcción de sus vías. Bernal (2009)

En el siglo XIX, cuando aparecieron los pavimentos de concreto hidráulicos y de concreto asfáltico. Asimismo, surgieron pavimentos con adoquines de arcillas, de madera, etc., y fue después de la segunda guerra mundial, especialmente en países bajos, cuando la mecanización de la prefabricación de adoquines en concreto permitió el desarrollo de los adoquines de concreto y por ende, de este tipo de pavimento, reemplazo las unidades de arcilla(ladrillos), que se utilizaban tradicionalmente, por adoquines de concreto, cuyo uso ha venido en crecimiento y conquista de nichos tecnológicos y de mercado por más de 50 años. Bernal (2009)

Esto hace necesario que los fabricantes tengan una guía de especificaciones para la fabricación de adoquines. En este medio se han comenzado a fabricar adoquines de dos capas o doble capa que son más económicos y permiten tener una gran variedad de colores y formas; sin embargo, no se cuenta con una norma que incluya las especificaciones de los adoquines de concreto por lo que se utilizan normas de otros países como Colombia, España, y Estados Unidos de Norte América para determinar sus características, lo que genera que los diferentes tipos de ensayos que se tienen han creado algunos problemas de aplicabilidad, por ejemplo: cuando se especifica una determinada resistencia a la compresión y se tienen piezas mayores a 400 cm² se ha dificultado realizar los ensayos debido a la disponibilidad de los equipos en la mayoría de los laboratorios del país.

2.2.1.2. Especificaciones para adoquines de concreto

Considerando que los adoquines de concreto son elementos macizos de concreto (hormigón) prefabricado, con dos caras planas paralelas e iguales que se llaman bases, y que permiten conformar una superficie completa; éstos poseen ciertas características que a continuación describimos:

- Calidad: La calidad de un adoquín de concreto se puede definir como el conjunto de propiedades o características (medidas, resistencia, absorción, peso) propias a un adoquín de concreto, que permiten apreciarlo o compararlo como igual, mejor o peor que los otros de su tipo.
- Superficie de desgaste: Cara superior del adoquín la cual soporta directamente el tráfico.
- Bisel o chaflán: Plano inclinado que corta dos caras adyacentes.
- Espesor: Distancia o medida entre la cara base (parte de abajo) y la cara vista del adoquín (superficie de desgaste).
- Largo: Medida del lado mayor del adoquín.
- Ancho: Medida del lado menor del adoquín.
- Área: Es la medida que resulta de la multiplicación del largo por el ancho del adoquín.
- Lote: Es una cantidad determinada de adoquines que se fabrican bajo condiciones de producción similares y se someten a inspección como un conjunto unitario.
- Muestra: Conjunto de adoquines extraídos de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de ese lote; es decir, si cumplen con las especificaciones de resistencia a la compresión, flexión, resistencia a la abrasión o desgaste, porcentaje de absorción de humedad y dimensiones.

Dependiendo de las normas a que se hagan mención, unas clasifican a los adoquines por su uso y otras por algunas de sus características, como la Norma Española que los clasifica en clases y marcado, es decir por su resistencia climática, resistencia a la abrasión y medidas diagonales; la norma estadounidense ASTM únicamente menciona una resistencia a la compresión mínima y no menciona ningún tipo de clasificación; la

norma colombiana no los clasifica y nada más menciona los requerimientos que deben cumplir los adoquines.

2.2.1.3. Características y especificaciones en el Perú

En Perú, se tiene una propuesta de NTP, basada en las normas ASTM C936, donde a los adoquines de concreto se les clasifican de acuerdo a su función estructural y a su uso y, por lo general, se clasifican en dos tipos:

- Adoquines tipo I: son los adoquines de concreto utilizados para pavimentar calzadas con circulación vehicular
- Adoquines tipo II: son los adoquines de concreto utilizados para pavimentar calzadas con circulación peatonal.
- Especificaciones y características
 - Los adoquines de hormigón (concreto) para pavimentos deberán estar libres de grietas y de otros defectos que puedan afectar de modo adverso su apariencia general o su utilidad (o ambas cosas).
 - La textura de las superficies, la masa, el color y los acabados de los adoquines de hormigón (concreto) deberán ser tal como se ha convenido entre el fabricante y el comprador, con los siguientes detalles nominales:
 - ✓ Largo nominal. El largo nominal de los adoquines de concreto para pavimentos, no deberá ser mayor de 250 mm. Y se establecerá de común acuerdo entre comprador y vendedor.
 - ✓ Ancho nominal. El ancho nominal de los adoquines de concreto para pavimentos, no deberá ser mayor de 220 mm. Y se establecerá de común acuerdo entre comprador y vendedor.
 - ✓ Espesor nominal. El espesor de los adoquines del tipo I no deberá ser menor de 100 mm. Y el de los adoquines del tipo II no deberá ser menor de 60 mm; y

se preferirán dimensiones múltiplos de 20 mm así: 60, 80, 100, 120 hasta un máximo de 140 mm.

- Tolerancias: Las tolerancias en el largo y en el ancho serán de ± 2 mm de las medidas nominales. La tolerancia en el espesor será de ± 3 mm del espesor nominal.

2.2.2. El Concreto

2.2.2.1. Definición

El concreto como tal es un material semejante a una roca que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de arena, grava, piedra triturada u otros agregados unidos en una masa rocosa por medio de una pasta de cemento, denominada aglutinante, y agua. En ocasiones, uno o más aditivos se agregan para cambiar ciertas características del concreto, tales como la ductilidad, la durabilidad y el tiempo de fraguado. Igual que la mayoría de materiales pétreos, el concreto tiene una alta resistencia a la compresión y una muy baja resistencia a la tensión.

- Concreto estructural: Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo concreto simple y reforzado.
- Concreto simple: Es aquel que contiene las características de un concreto estructural pero que no tiene refuerzos de acero.
- Concreto reforzado: Es aquel que contiene las características de un concreto estructural, pero que contiene un refuerzo o esqueleto en acero para ofrecer resistencia a la tracción como complemento de la resistencia a la compresión que ofrece el concreto.

2.2.2.2. Clasificación del concreto

De manera tradicional, el concreto se ha clasificado según su resistencia a la compresión y peso unitario, siendo estos, los factores más importantes en la elaboración de un diseño.

- **Clasificación según su resistencia a la compresión**

Generalmente, los concretos se clasifican según la resistencia a los 28 días según el uso al que será destinado, se diseñarán la mezcla para alcanzar la resistencia solicitada a esa edad.

- **Clasificación según su peso unitario.**

En nuestro medio, lo más común es el uso de concreto hecho a base de agregados naturales, el peso unitario del concreto, está en el orden de 2300 Kg/m^3 , sin embargo, se han desarrollado tecnologías para concretos ligeros y pesados.

2.2.2.3. Composición de concreto para adoquines

- **Cemento**

El cemento posee propiedades adhesivas y cohesivas, dichas características le dan la capacidad de aglutinar los agregados para formar el concreto. Los concretos hechos con cemento portland normal alcanzan sus resistencias de diseño después de 28 días, y después continúan ganando resistencia a un menor ritmo.

Existen otros tipos especiales de cemento portland, esto es, porque el químico que ocurre durante el fraguado del concreto genera calor que el concreto se expanda durante su hidratación y al enfriarse contraiga desarrollando con frecuencia un severo agrietamiento. El concreto puede usarse en lugares en que queda expuesto a varios cloruros o sulfatos. Tales situaciones se presentan en las construcciones marinas.

Además, consideremos que la American Society For Testing And Materials (ASTM) clasifica los cementos portland en cinco tipos:

- Tipo I. Es el cemento normal usado en la mayoría de las construcciones es de uso general.
- Tipo II. Cemento modificado que tiene menor calor de hidratación que el tipo I y que puede resistir alguna exposición al ataque de sulfatos.

- Tipo III. Un cemento de fraguado rápido que produce en las primeras horas un concreto con una resistencia aproximadamente doble a las del cemento tipo I, este cemento produce calor de hidratación muy alto.
- Tipo IV. Es un cemento de bajo calor, que produce un concreto que muy lentamente el calor. Se usa en estructuras de concreto de gran tamaño.
- Tipo V. Usado para concretos que van a estar expuestos a altas concentraciones de sulfatos.

Si el cemento requerido no se encuentra entre los cinco tipos mencionados, existen alternativas con respecto a los aditivos que modifican las propiedades del cemento tipo I a las condiciones deseadas.

- **Agua**

Los cementos por ser hidráulicos tienen la capacidad de fraguar y endurecer con el agua; el agua es el elemento que hidrata las partículas de cemento y lo vuelve un elemento aglutinante.

El agua empleada en el mezclado del concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas para el concreto.

Casi cualquier agua natural, que sea potable y que no tiene un sabor ni olor marcado, se puede utilizar como agua de mezclado en la elaboración de concreto. Cuando las impurezas en el agua son excesivas, pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia de concreto y la estabilidad volumétrica, sino que también pueden provocar eflorescencia o corrosión en el refuerzo cuando se trabaje con un concreto armado. Siempre que sea posible, evitarse el agua con altas concentraciones de sólidos disueltos.

Las sales u otras sustancias nocivas que provengan del agregado o de los aditivos, deben sumarse a la cantidad que puede contener el agua de mezclado. Estas

cantidades adicionales deben de tomarse en cuenta al hacer la evaluación respecto a la aceptabilidad del total de impurezas que pueda resultar nocivo para el concreto.

- **Agregados**

Los agregados en el concreto ocupan aproximadamente tres cuartas partes del volumen del concreto. Como el costo de los agregados es menor que el del cemento, es deseable usar la mayor cantidad de ellos que sea posible. Se emplean tanto agregados finos como, arena, y agregados gruesos como, grava (usualmente triturada). Los agregados son todos aquellos materiales que tienen una propia resistencia, no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico.

Dichos materiales deben ser fuertes, durables y limpios. Si se encuentra en ellos polvo u otras partículas, pueden interferir en la adherencia entre la pasta de cemento y los agregados. La resistencia de los agregados tiene un efecto importante en la resistencia del concreto, y las propiedades de los agregados afectan considerablemente la durabilidad del mismo.

- Selección y Muestreo de los Agregados Pétreos:

Los agregados pétreos convencionales para la mezcla experimental fueron seleccionados y adquiridos con un proveedor calificado, el cual garantizó propiedades óptimas para los agregados usados, propiedades tales como, peso específico, humedad natural y absorción, cualidades físicas que dependen del origen mineralógico del agregado, las pruebas para los agregados tanto fino como grueso no fueron realizadas, ya que las limitaciones de tiempo y espacio no facilitaban la oportunidad para un estudio más detallado, así que se optó por conseguir el mejor proveedor de materiales para construcción. Se realizaron las correspondientes pruebas de los agregados finos y gruesos de la mezcla, para verificar su granulometría y establecer si cumplían con los requerimientos establecidos por la normatividad.

- Requerimientos Granulométricos del Agregado Fino

Para el agregado fino, se realizaron los ensayos de granulometría para verificar la uniformidad de los tamaños y garantizar los lineamientos de la norma.

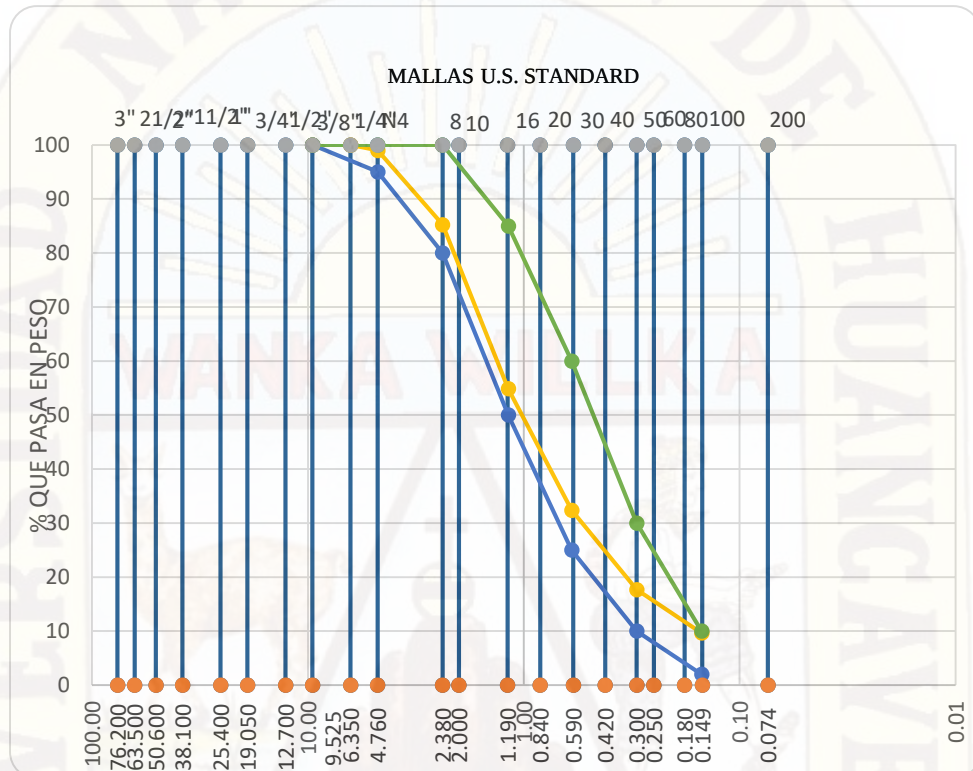


Figura 1. Requisito granulométrico para agregado fino - Norma MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D4221.

- Requerimientos Granulométricos del Agregado Grueso

Para el agregado grueso, se realizaron los ensayos de granulometría que buscaba verificar la uniformidad de los tamaños y garantizar los lineamientos de la norma. "el agregado grueso puede ser grava triturada, roca triturada, escoria de alto horno enfriada al aire), concreto triturado (fabricado con cemento hidráulico) o una combinación de ellos.

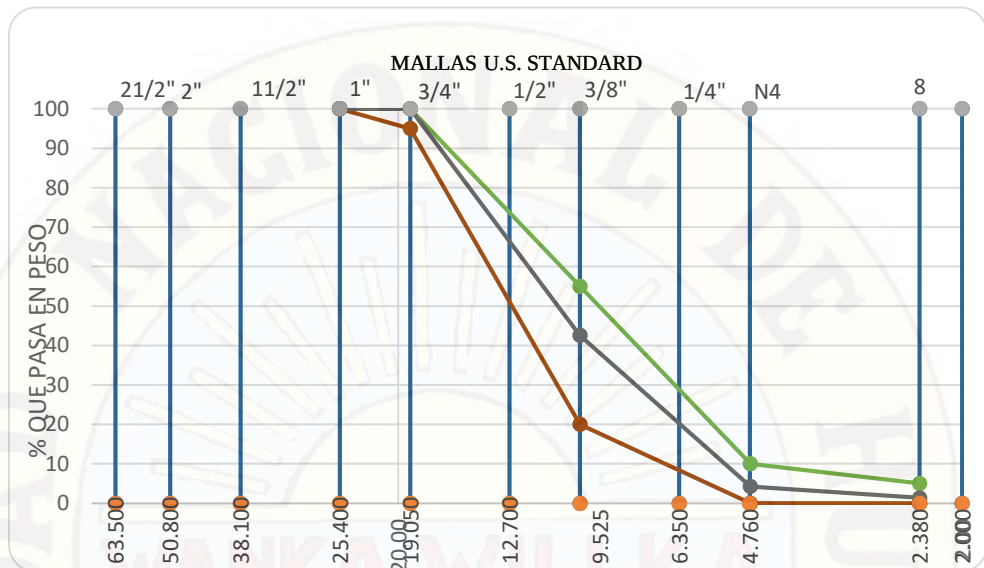


Figura 2 .Curva Granulométrica. Requisito granulométrico para agregado Grueso - Norma MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422

- **Polvo de Neumático Reciclado**

Se utilizó como agregado de origen artificial y es el material seleccionado para sustituir el agregado fino en porcentajes del 25%, 35% y 45% en donde se realizará una mezcla distinta para cada porcentaje de cambio, no se encontraron bibliografías para la utilización de este agregado en una mezcla para concreto; pero su análisis para la dosificación.



Figura 3 Polvo de Neumático reciclado.



Figura 4. Polvo de Neumático reciclado. Fotografía tomada por los tesisistas.

- **Aire**

El aire es un elemento del concreto que debe tomarse en cuenta, ya que cuando el concreto se encuentra en el proceso de mezclado queda aire atrapado en la masa, éste aire es liberado de la pasta por medio de la compactación es decir la vibración a la que es sometida después de su colocación.

2.2.2.4. Diseño de mezcla

Una vez se tenga la certeza de que las propiedades químicas, físicas y mecánicas de los agregados son aceptables, se procede al diseño de la mezcla de concreto en función éstas. Los componentes de una mezcla se dosifican de manera que el concreto resultante tenga una resistencia adecuada, una manejabilidad adecuada para su vaciado y un bajo costo. Éste último factor obliga a la utilización mínima en la cantidad de cemento que asegure las propiedades adecuadas. Mientras mejor sea la graduación de los agregados, es decir, mientras menor sea el volumen de vacíos, menor será la pasta de cemento necesaria para llenar estos vacíos. Además, se necesita adicionar agua para humedecer a los agregados, un metro cúbico de concreto posee aproximadamente de un 7% a un 15% de pasta cementante, de un 60% a 70% de agregados, agua entre un 14% a 18%, aire atrapado 1% a 3%, puede contener aire incluido intencionalmente de un 1% a 7% y aditivos. A medida que se adiciona agua, la plasticidad y la fluidez de la mezcla aumentan, pero su resistencia disminuye debido al mayor volumen de vacíos creados por el agua libre.

Para reducir el agua libre y mantener la manejabilidad, es necesario agregar cemento; de esta manera, desde el punto de vista de la pasta de cemento, la relación agua–cemento es el factor principal que controla la resistencia del concreto. Para una relación agua–cemento dada se selecciona la mínima cantidad de cemento que asegure la manejabilidad deseada.

La figura muestra la influencia decisiva de la relación agua–cemento en la resistencia a la compresión del concreto. Su influencia sobre la resistencia a la tensión, medida a través de la resistencia nominal a flexión o módulo de ruptura, es pronunciada pero menor que su efecto sobre la resistencia a la compresión, Esto al parecer es así porque, además de la relación de vacíos, la resistencia a la tensión depende en gran parte de la resistencia de adherencia entre el agregado grueso y el mortero de cemento.

- **Relación Agua- Cemento.**

Como la resistencia del concreto se basa en el éxito de la interacción de los agregados el agua y la pasta cementante, se debe tener en cuenta para el desarrollo de la mezcla el tipo de cemento.

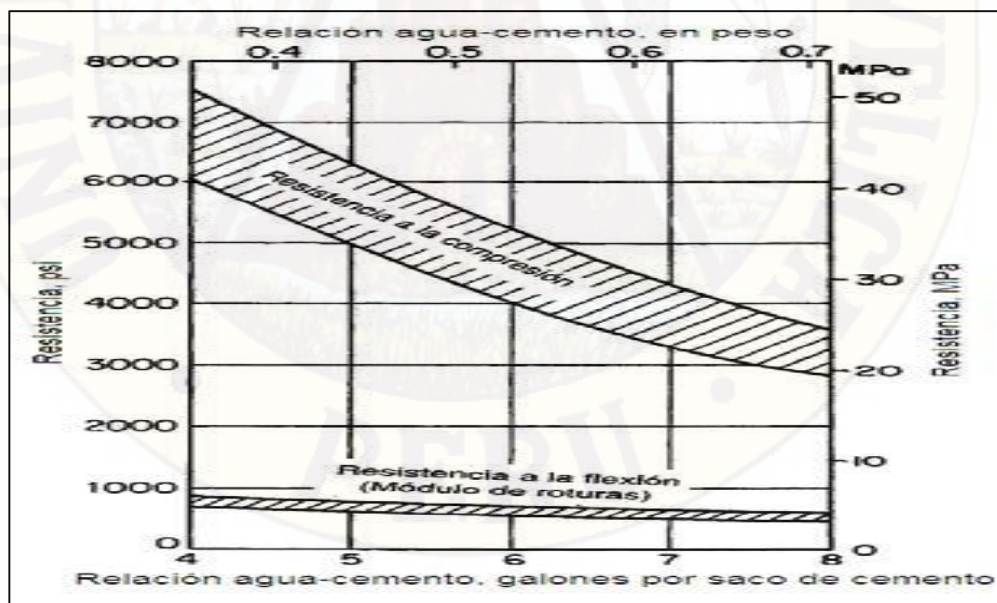


Figura 5 Efecto de la relación agua–cemento en la resistencia a la Compresión y a la tensión por flexión a los 28 días.

- **Cálculo de contenido de Cemento**

El contenido cemento se calcula una vez especificados los valores de agua de mezclado y la relación agua cemento, en donde para su cálculo se tiene la siguiente expresión:

$$C=A/(A/C)$$

Dónde:

C = Contenido de cemento, en Kg/m³.

A = Requerimiento de agua de mezclado, en Kg/m³.

A/C= Relación agua cemento.

Para obtener mezclas con las propiedades deseadas a partir de los cementos y agregados disponibles se utilizan varios métodos de dosificación. Uno de estos métodos es el llamado método de la mezcla tentativa. Seleccionando una relación agua – cemento a partir de la información de la figura 1, se pueden producir varias mezclas tentativas con diferentes cantidades de agregados para obtener la resistencia, la consistencia y otras propiedades requeridas con una cantidad mínima de pasta.

El llamado método de dosificación del ACI utiliza el asentamiento (Slump) simultáneamente con un conjunto de tablas para lograr un estimativo de las proporciones que resultan en las propiedades deseadas para diferentes condiciones. Estas proporciones seleccionadas, preliminarmente, se revisan y ajustan mediante mezclas de prueba, para obtener al final en concreto con la calidad deseada. Las propiedades de resistencia de un concreto con proporciones definidas varían de una mezcla a otra. Por lo tanto, es necesario seleccionar las proporciones que aseguren una resistencia promedio superior a la resistencia especificada de diseño, para que, incluso, las mezclas accidentalmente débiles resulten de una calidad adecuada.

El método de proporcionamiento de mezclas de concreto del Centro de Investigaciones de Ingeniería consiste en que la resistencia y la durabilidad del concreto se relacionan principalmente con la relación agua – cemento de la pasta, y con las propiedades de los agregados (granulometría y tipo de partículas). Se hace referencia que la

trabajabilidad se ve afectada directamente por la relación agua – cemento y la proporción de los agregados.

Ya determinada la resistencia y la trabajabilidad (asentamiento), los datos de la relación agua-cemento y la cantidad de agua aproximada a utilizar para lograr el asentamiento deseado, se toman la tabla V, que dependerá también del tipo y tamaño del agregado.

Luego se calcula el cemento, los agregados; el porcentaje de agregado fino se obtiene de la siguiente tabla y su factor depende del tamaño del agregado grueso, y para el agregado su condición repercute en su tamaño máximo. Por lo tanto, se calculan por volumen absoluto o volumen de sólidos las cantidades de material necesario. Dichos volúmenes se pasan a pesos, en este proceso es necesario conocer el peso específico de los materiales, con ello se tiene la proporción del diseño de mezcla.

Después de lo anterior se procede a fabricar la masada ya sea a mano o con una mezcladora, a verificar si la mezcla tiene el asentamiento esperado, si el caso fuera negativo se deben realizar las correcciones necesarias y modificar las proporciones de diseño.

Tabla 1. Datos para diseño de mezclas para un metro cúbico de concreto fresco.

Tipo de estructura	Asentamiento (cm)				
Para cimientos, muros reforzados vigas paredes reforzadas y columnas	10				
Para pavimentos y losas	8				
concreto masivo de poca humedad	5				
Asentamiento en cms	Tamaño agregado grueso				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
	cantidad de agua en Lt / m ³				
3 - 7	205	200	185	180	175
8 - 12	225	215	200	195	180
13 - 18	240	230	210	205	200
Resistencia. Kg/cm ² (psi)	Relación agua /cimento				
352 - (5000)	0.47				
316 - (4500)	0.50				
281 - (4000)	0.54				
246 - (3500)	0.57				
210 - (3000)	0.60				
176 - (2500)	0.64				
Tamaño máximo de agregado grueso	% Arena sobre agregado total				
3/8"	48				
1/2"	46				
3/4"	44				
1"	42				
1 1/2"	40				

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Definición de agregados según norma ASTM Y NTP

Los agregados de acuerdo con su tamaño pueden clasificarse como gruesos o finos.

Agregado fino

Es el material que pasa a partir del tamiz # 4 hasta el tamiz # 100, y puede ser clasificada como arena natural, de canto rodado, manufacturada o una combinación. Como sabemos, si el Módulo de fineza es menor a 2.3 es una arena muy fina; y si el Módulo de fineza es mayor a 3.1 es una arena gruesa; si el módulo de fineza se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana.

Agregado grueso

También conocido como roca, piedrín, material granular o agregado mineral. Es el material cuyas partículas quedan retenidas en el tamiz # 4. Estos no deben ser demasiado porosos ni de formas muy alargadas. Si existen formas planas o angulosas en el material, éste hace más complicado él y la colocación del concreto, ya que no permite la existencia de una adherencia adecuada ni una uniformidad consistente. En cambio, si el agregado es triturado, sí cumple con los requisitos, haciendo una mejor mezcla con partículas bien acomodadas y se logra una adherencia óptima del concreto.

2.2.3.1. Análisis de las características físicas de los agregados finos

Para realizar el análisis del agregado fino, se necesita conocer la densidad o peso específico para determinar, al momento del diseño, si se desea un concreto de alta o baja densidad. Cuando una materia es débil, poroso y de alta absorción, indica que dicho material posee una baja densidad y es necesario hacer correcciones en las dosificaciones del material.

Otro aspecto importante es determinar la porosidad del agregado, lo cual no es más que el espacio no ocupado por materia sólida en la partícula del, ésta es una de las más importantes características físicas del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste; puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

Por último, se requiere el conocimiento de la cantidad de agua superficial o humedad retenida por la partícula, ya que su influencia concierne en la mayor o menor cantidad de agua necesaria para la mezcla de un concreto.

2.2.3.2. Descripción de la norma ASTM C 33 (*Standard Specification for Concrete Aggregates*)

Esta especificación define los requisitos para la clasificación y la calidad de agregado fino y grueso (que no sea ligero o un agregado muy pesado) para su uso en el concreto, por

lo que se considera adecuada para determinar si el material es satisfactorio y apto en la utilización como agregado de un concreto para obra civil.

- **Graduación**

Según la norma ASTM C-33, el agregado fino se clasificará dentro de los Límites siguientes:

Tabla 2. Límites de la granulometría para agregado fino según Especificaciones de la norma ASTM C-33

Tamiz (especificación E11)	Porcentaje que pasa
3/8" (9.5 mm)	100
N° 4 (4.75 mm)	95 a 100
N° 8 (2.36 mm)	80 a 100
N° 16 (1.18 mm)	50 a 85
N° 30 (600 µm)	25 a 60
N° 50 (300 µm)	10 a 30
N° 100 (150 µm)	2 a 10

Fuente. Normas ASTM. Elaboración propia

El tamaño de los tamices está establecido por la norma ASTM E- 11.

El agregado fino no podrá tener más del 45% del material que pasa por cualquier tamiz y retenido en el tamiz consecutivo siguiente de las indicadas en la tabla I y su módulo de finura no será inferior a 2.3 ni superior a 3.1. A continuación, la tabla II muestra la clasificación de la arena, según su módulo de finura.

Tabla 3. Rangos de clasificación de la arena según el módulo de finura

Clasificación de la arena	Módulo de finura
Gruesa	2.9 – 3.2
Media	2.2 – 2.9
Fina	1.5 – 2.2
Muy fina	1.5

Fuente: Elaboración propia, según normas.

2.2.3.3. Características del agregado fino

Cuando se mencionan las características se refieren a las propiedades físicas del agregado fino que influirán en:

- Los tipos de obra a construir, esto se refiere a los siguientes aspectos:
 - Resistencia
 - Durabilidad
 - Economía
- Tipo de concreto a fabricar: dependiendo del elemento estructural se necesita controlar:
 - Dureza
 - Resistencia
 - Graduación
 - Durabilidad
 - Limpieza

2.2.3.4. Efecto del agregado fino en el concreto

- **Manejabilidad**

La manejabilidad o trabajabilidad es una capacidad del concreto fresco que precisa la adecuación que posee un concreto para ser colocado, compactado uniformemente y para ser finalizado sin segregación ni exudación; la trabajabilidad se asocia con la plasticidad, ya que ésta le permite moldearse y adecuarse a la forma del encofrado.

Los factores que afectan al concreto en su manejabilidad, según su agregado fino son los siguientes:

- La buena graduación: se tiene un agregado fino con una granulometría adecuada, la mezcla no presentará un exceso de vacíos, ya que esto, provoca que tales vacíos sean rellenos con pasta de cemento para lograr la trabajabilidad de la mezcla y

no poseer porosidad. Se debe evitar la utilización de arenas muy finas para prevenir la segregación del concreto provocada por el exceso en la utilización de agua, si se utilizan arenas muy gruesas, se obtienen mezclas muy ásperas y poco cohesivas. Entonces, se recomienda que se utilicen arenas con un módulo de finura entre 2.3 y 3.1.

- La forma y textura del agregado grueso también influye en el agregado fino. Las partículas alargadas, aplanadas o de formas cúbicas y textura rugosa requieren una mayor cantidad de arena, agua y pasta en una mezcla, debido a la fricción que generan entre ellas, en comparación con los agregados de canto rodado y de textura lisa.
- Bajo contenido de arena con relación al contenido de piedrín determina una mezcla poco manejable, caso contrario, si el contenido de arenas es elevado hay necesidad de agregar agua para que la mezcla sea manejable presentándose también segregación y exudación.

- **Segregación**

La segregación es la separación de los materiales que forman el compuesto heterogéneo denominado concreto, de tal forma que su distribución no es uniforme en toda la mezcla. Puede ser ocasionada por la diferencia de tamaños en la granulometría del agregado, provocando que las partículas de agregado grueso se asienten más que las partículas de agregado fino a causa de la gravedad, este efecto puede ocasionar una baja en la resistencia esperada e incitar a mayores contracciones del concreto. Normalmente esto ocurre en mezclas secas y poco plásticas.

- **Exudación**

La exudación es donde los sólidos de mayor densidad tienden a asentarse en un concreto recién colocado, o cuando éste está en su proceso de fraguado, por lo cual disminuye la concentración de sólidos a medida que se acerca a la zona superficial; también es producida por la incapacidad de los materiales componentes del concreto

para retener la totalidad de la masa de agua incorporada. Esto se puede observar cuando el concreto presenta un abrillantamiento superficial presentado por el agua.

La exudación puede crear problemas en el concreto; cuando la velocidad de la evaporación es menor que la velocidad de la exudación, el agua que es el material de menor densidad tiende a migrar a la superficie formando una película que aumenta la relación agua-cemento en la superficie y, posteriormente, esta zona queda porosa y de baja resistencia mecánica y al desgaste, provocando una debilidad superficial; pero si la velocidad de evaporación es mayor que la velocidad de la exudación se pueden producir grietas de contracción.

- **Temperatura**

La temperatura es un factor muy importante en el concreto, si el concreto es realizado en una época calurosa sus resistencias tienden a ser relativamente menores a concretos hechos en cualquier otra época del año.

En el momento de la hidratación del cemento, se forman en la superficie de sus granos cristales microscópicos que crecen entrelazándose y después se engranan como los dientes de un cierre. Mientras más dura la reacción, más cristales se forman. De allí resulta la pasta de cemento endurecida, la cual recubre los agregados. Cuanto más elevada es la temperatura durante este proceso de endurecimiento, más rápida es la formación de cristales, lo que al principio es positivo para el desarrollo de la resistencia a compresión. Pero debido a que los productos reaccionantes tienen una estructura poco ordenada, la pasta de cemento se vuelve más porosa y la resistencia a la compresión a los 28 días se debilita cada vez más que con un concreto fresco, que se endurece a aproximadamente 20 grados centígrados. Es por eso que la pérdida de resistencia a 28 días es de más de 10%, cuando la temperatura del concreto fresco y la temperatura de endurecimiento pasan de 20 a 30 grados centígrados. Por lo que altas temperaturas provocan agrietamiento al concreto.

- **Resistencia mecánica**

Los agregados influyen según sus propiedades en la resistencia mecánica de un concreto, los aspectos que más afectan a éste son las siguientes:

- Una granulometría continua permite la máxima compacidad del concreto que está fresco y por lo tanto, la máxima densidad en estado endurecido, obteniendo la máxima resistencia.
- La forma y textura de los agregados es de suma importancia, ya que afecta la adherencia de la interface matriz-agregado, siendo preferible utilizar los de forma cúbica y rugosa, esto conlleva al aumento de la resistencia en relación a agregados de canto rodado y liso.
- La resistencia y rigidez de las partículas del agregado también inciden en la resistencia del concreto, ya que es muy diferente la resistencia y módulo de elasticidad de un agregado de baja densidad y poroso, a la de un agregado de baja porosidad y denso.

- **Permeabilidad**

Permeabilidad se refiere a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias. La permeabilidad total del concreto al agua es una función de la porosidad de la pasta, de la porosidad y granulometría del agregado, y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del concreto a la restauración, al ataque de sulfatos y otros productos químicos, y a la penetración del ion cloruro. La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. La permeabilidad de la pasta depende de la relación agua–cimento y del agregado, de la hidratación del cemento o duración del curado húmedo. Un concreto de baja permeabilidad requiere de una relación agua–cimento baja y un período de curado húmedo adecuado.

- **Durabilidad**

La durabilidad del concreto se define como la habilidad para resistir la acción de la intemperie, ataque químico, abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Determina que el concreto durable debe mantener su forma original, calidad y características de servicio cuando es expuesto a este ambiente. Este no es un concepto absoluto que depende sólo del diseño de mezcla, sino que está en función del ambiente de exposición y las condiciones de trabajo a las cuales se somete.

- **Apariencia**

La apariencia del concreto depende de los agregados, debido a diversidad de tipos y tamaños, para el caso del agregado grueso que se deja expuesto para lograr una superficie conglomerada; en el caso particular del polvo de llanta que le provee al concreto un color negro oscuro por el color de este material.

2.2.4. Ensayos a compresión y flexión

Ensayo a la compresión

Drozдов y Nikulin (1983), el ensayo a la compresión. Es el que se realiza a los materiales para determinar su límite de resistencia a la compresión.

Este ensayo se hace sobre probetas elaboradas de antemano con el material que se quiere ensayar. Las probetas tendrán forma cilíndrica con diámetros determinados de acuerdo a las características del ensayo. Ambas bases del cilindro deben ser perfectamente paralelas. El ensayo se realiza en prensas especiales, una de cuyas placas debe ser fija, para evitar la distribución no uniforme de los esfuerzos sobre la probeta.

Las fuerzas que se aplican a la probeta, van en aumento a partir de un régimen preestablecido, hasta que se rompe la misma; este esfuerzo de rotura quedará fijado en los indicadores de la prensa.

Ensayo a la flexión

Drozдов y Nikulin (1983) indican que para determinar el límite de resistencia de un material a la flexión, se deben elaborar probetas que tendrán formas rectangulares o cilíndricas. En la realización del ensayo, la probeta se coloca en la máquina de prueba, quedando sus extremos libremente apoyados en soportes de acero.

Se aplica el esfuerzo P_f en el centro de la probeta, aumentando este de forma gradual ($\text{kg/cm}^2 \cdot \text{min}$). El esfuerzo se transmite a la probeta a partir de una punta de acero, y se aumenta hasta producir la rotura, o hasta que se haga imposible la aplicación de mayores esfuerzos por el escurrimiento del material.

2.2.5. Métodos de prueba a mezcla

2.2.5.1. Método de prueba normalizada para determinar el revenimiento en el concreto elaborado con cemento hidráulico, ASTM C 143

El propósito de la prueba de revenimiento es determinar la consistencia del concreto. Para el procedimiento se humedece un molde cónico metálico y se coloca en una superficie plana rígida no absorbente y húmeda. El molde se debe de sostener firmemente en el lugar durante el llenado, por el operador, quién mantendrá los pies sobre los estribos.

Llenar inmediatamente el molde en tres capas, cada una de aproximadamente $1/3$ del volumen del molde. Luego de este proceso se debe de compactar cada capa con 25 golpes de la varilla de apisonamiento, distribuir uniformemente los golpes en toda la sección transversal de cada capa. Para la capa del fondo es necesario inclinar la varilla ligeramente y dar aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro, continuando con los golpes verticales en forma de espiral hacia el centro.

Apisone la capa del fondo en todo su espesor. Compacte la segunda capa y la capa superior en todo su espesor, de tal manera que los golpes apenas penetren en la capa inferior.

Al llenar y compactar la capa superior, haga que el concreto exceda la capacidad del molde antes de empezar a apisonar. Si durante el compactado, la superficie del concreto queda

abajo del borde superior del molde, agregue más concreto para mantener en todo momento un exceso de concreto sobre la superficie del molde. Después de haber apisonado la capa superior empareje la superficie del concreto mediante el enrase y rodamiento de la varilla de apisonamiento. Continúe empujando el molde firmemente hacia abajo y remueva el concreto del área que rodea la base del molde para evitar la interferencia con el movimiento del concreto que se está descargando. De inmediato retire el molde, levantándolo cuidadosamente en dirección vertical.

Levante el molde a una altura de 12 pulgadas (300 mm) en 5 ± 2 segundos, con un movimiento ascendente uniforme sin movimientos laterales o de torsión. La prueba se debe realizar sin interrupción desde el inicio del llenado hasta la remoción del molde, en un período de 2 ½ minutos.

De inmediato se procede a medir el revenimiento determinando la diferencia vertical entre la parte superior del molde y el centro original desplazado de la superficie superior del espécimen.

A continuación, se presentan algunos asentamientos adecuados para estructuras y condiciones de colocación del concreto:

Tabla 4. *Asentamientos usuales para varios tipos de construcción.*

Tipos de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros y zapatas de cimentación reforzados.	12.5	5
Zapatas simples y muros para superestructura.	10	2.5
Losas, vigas y muros reforzados.	10	7.5
Columnas para edificios.	15	7.5
Pavimentos.	15	5
Construcciones masivas.	7.5	2.5

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.1. Método de prueba normalizada para la medición de temperatura del concreto recién mezclado. ASTM C 1064

La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen en la calidad, el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto. Sin el control de la temperatura del concreto, predecir su comportamiento es muy difícil, si no imposible. Un concreto con una temperatura inicial alta, probablemente tendrá una resistencia superior a lo normal a edades tempranas y más baja de lo normal a edades tardías. La calidad final del concreto probablemente se verá también disminuida. Por el contrario, el concreto colado y curado a temperaturas bajas desarrollará su resistencia a una tasa más lenta, pero finalmente tendrá una resistencia más alta y será de mayor calidad. La temperatura del concreto se usa para indicar el tipo de curado y protección que se necesitará, así como el lapso de tiempo en que deben mantenerse el curado y la protección.

Al controlar la temperatura del concreto dentro de los límites aceptables se podrán evitar problemas inmediatos y futuros. Cuando hay que evaluar diferentes tipos de concreto, la temperatura de las mezclas de cada concreto debe ser tan idéntica como sea posible. La temperatura del concreto afecta el comportamiento de los aditivos químicos, los aditivos inclusores de aire, los materiales puzolánicos y otros tipos de aditivos y adicionantes.

Para la prueba, se coloca el aparato medidor de temperatura en la mezcla de concreto recién elaborada, de modo que el sensor de temperatura esté sumergido al menos 3 pulgadas (75 mm.) Presione suavemente la superficie del concreto alrededor del aparato medidor de temperatura de modo que la temperatura ambiental no afecte la medición.

El aparato medidor de temperatura se debe dejar en la mezcla de concreto recién mezclado por un período mínimo de dos minutos, o hasta que la lectura se estabilice, entonces registre la misma. La determinación de la temperatura debe realizarse en un tiempo no mayor de cinco minutos a partir de la obtención de la muestra de concreto recién mezclado.

Para este caso se determinó que la muestra dio una temperatura inicial de 21.5 °C, y al cabo de los dos minutos de prueba no hubo variación en la misma.

4.1.1.2. Método de prueba normalizado para determinar el peso unitario de un concreto. ASTM C 138

El peso unitario o la densidad del concreto es la masa por unidad de volumen, y varían según la cantidad y densidad de los agregados, la cantidad de aire atrapado o arrastrado, y los contenidos de agua y cemento. Los concretos convencionales utilizados en estructuras, como los edificios y aceras, un peso unitario en el rango de 2,250 a 2,500 kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Para otros tipos de concreto, el peso unitario oscila entre 240 kg/m^3 de concreto ligero a 6,500 kg/m^3 para el concreto de alta resistencia.

La prueba de la densidad es una herramienta muy importante, utilizada para controlar la calidad del concreto recién mezclado. Después de que se ha establecido una proporción para la mezcla de concreto, un cambio en la densidad indicará un cambio en uno o más de los otros requisitos del desempeño del concreto. Una densidad más baja puede indicar:

- Que los materiales han cambiado [menor gravedad específica].
- Un mayor contenido de aire.
- Un mayor contenido de agua.
- Un cambio en las de los ingredientes y/o.
- Un menor contenido de cemento.

Inversamente, la densidad más alta indicará lo contrario de las características del concreto antes mencionadas.

Una densidad más baja que las proporciones de la mezcla de concreto establecidas, en general indicará un sobre rendimiento. Esto significa que el contenido de cemento requerido para una yarda cúbica de 27 pies cúbicos (1 metro cúbico) se ha diluido ahora para producir un mayor volumen de concreto.

Por lo tanto, es de esperarse resistencias más bajas, así como una reducción de las otras cualidades deseables del concreto. Si la reducción del peso unitario del concreto se debe a un incremento en el contenido de aire, posiblemente el concreto será más durable en su resistencia a ciclos de congelación y deshielo, pero las cualidades de resistencia a la

compresión, a la abrasión, al ataque de químicos, a la contracción y al agrietamiento del concreto, se verán adversamente afectadas.

La prueba de la densidad se debe usar para controlar concretos ligeros y pesados.

Un cambio en el peso unitario podría afectar inversamente la bombeabilidad, colocación, acabado y resistencia de todos los tipos de concreto.

Ya que la prueba de la densidad es tan importante para regular la calidad del concreto, es muy importante que la prueba se realice de acuerdo con los procedimientos estándar especificados. Se debe conocer el volumen exacto del contenedor, y después de que la muestra de concreto se enrase al nivel del recipiente, todo el concreto adherido a la parte exterior del recipiente debe removerse antes de pesar la muestra.

En el laboratorio, la prueba del peso unitario se puede usar también para determinar el contenido de aire (porcentaje de vacíos) del concreto, puesto que se conoce el peso teórico del concreto calculado sobre la base de que se encuentra libre de aire (libras/pie³ o kg/m³).

La densidad teórica se basa, generalmente, en determinaciones de laboratorio. Se supone que su valor se mantiene constante para todas las cargas hechas con componentes idénticos y en las mismas proporciones, se calcula con la siguiente ecuación:

$$T = M / V$$

donde:

T = A la densidad teórica del concreto calculado libre de aire, libra/pie³ o kg/m³.

M = A la masa total de todos los materiales de la mezcla en libras o kilogramos.

V = Al volumen total absoluto de los ingredientes de la mezcla en pie³ o m³.

El volumen absoluto de cada ingrediente en pies cúbicos es igual al cociente del peso del ingrediente entre el producto de su peso específico por 62.4. El volumen absoluto de cada ingrediente en metros cúbicos es igual a la masa de los ingredientes en kilogramos, divididos entre mil veces su peso específico.

4.1.1.3. Método de prueba normalizado para determinar el contenido de aire del concreto recién mezclado por método de presión. ASTM C 231

Este método de prueba se puede usar para determinar el contenido de aire de los concretos normal y pesado. Sin embargo, no se puede usar con agregados altamente porosos como los que se encuentran en el concreto ligero.

Con éste método también se determina la cantidad de vacíos de aire en el concreto, tanto incluido como atrapado.

La inclusión de aire es necesaria en el concreto que estará expuesto a ciclos de congelación y deshielo, y a químicos descongelantes. Los vacíos microscópicos de aire incluido aportan una fuente de alivio a la presión interna dentro del concreto para acomodar las presiones que se desarrollan cuando se forman los cristales de hielo en los poros y en los capilares del concreto. Sin el contenido de aire apropiado en el mortero del concreto, el concreto normal que está expuesto a ciclos de congelación y deshielo, se escamará y/o astillará, dando como resultado una falla en la durabilidad del concreto.

Sin embargo, se debe ser cuidadosos de no tener demasiado aire incluido en el concreto. En concretos diseñados para alcanzar 3000 a 5000 lb/pulgada² (20 a 35 MPa), conforme se incrementa el contenido de aire (digamos en más de un 5%), habrá una reducción correspondiente en la resistencia de concreto.

Típicamente, esta reducción de resistencia será del orden del 3% al 5%, por cada uno por ciento de contenido de aire por arriba del valor de diseño. Por ejemplo, un concreto proporcionado para 5% de aire será aproximadamente de 15% al 25% menor en resistencia, si el contenido de aire se eleva al 10%. El equipo que se especifica para este ensayo es el tipo B de la norma ASTM C 231-78, utilizando el aparato conocido como aparato tipo Washington, éste, está equipado con un dial que registra directamente el contenido de aire, en porcentaje, con respecto al volumen de concreto.

El procedimiento es aplicable a concreto fabricado con agregados de densidad normal y tamaño máximo no superior a 50 mm.

El método de prueba se desarrolla colocando el concreto dentro del recipiente por tercios, aplicando en cada tercio 25 apisonadas por capa, evitando tocar la capa anterior o en caso del primer tercio el fondo, acumulando así 75 apisonamientos en total.

Después de apisonar, se golpean los costados del recipiente de 10 a 15 veces con un mazo de goma. Luego se limpia todo el borde del recipiente y en especial la goma de sello, para poder colocar la tapa y ajustar herméticamente con las llaves. Posterior a esto cerrar las válvulas para aire y abrir las llaves para agua. Mediante una bombita de hule o jeringa introducir agua por una de las llaves de agua hasta que fluya por la otra llave. Golpear lateralmente con un mazo para expulsar burbujas de aire atrapadas en el agua introducida.

Bombear aire a la cámara de presión hasta que la aguja del dial llegue a la marca de presión inicial. Reposar algunos segundos para enfriar el aire comprimido. Estabilizar la aguja, mediante bombeos, en la marca de presión inicial. Cerrar las dos llaves de agua y abrir la válvula de entrada de aire comprimido de la cámara de aire al recipiente. Golpear suavemente los costados del recipiente, como también la tapa del dial para estabilizar la lectura. Por último, leer con aproximación a 0,1% el contenido de aire registrado en el dial antes de abrir la tapa, mantener cerradas las válvulas de aire y abrir las llaves de agua para liberar la presión de aire existente en el recipiente.

2.2.6. Los neumáticos usados

2.2.6.1. Los neumáticos usados un problema global

Es evidente que los problemas medioambientales referentes a la proliferación de llantas usadas son cada vez catastróficos un claro ejemplo fue lo ocurrido el 14 de mayo de 2016, en el vertedero de neumáticos de España, que con 12 hectáreas y casi 100, 000 toneladas de neumáticos se incendió, varias miles de personas tuvieron que ser evaluadas, según los registros periodísticos tuvieron que pasar más de 10 días para apagar en sus totalidad el fuego, el mismo que se hacía visible a 50 kilómetros

2.2.6.2. Aplicaciones del neumático reciclado

En las plantas de reciclaje los desechos son sometido a procesos de cortes, trituración, molienda mecánica y separación de componentes (80% caucho, 15% acero y 5% fibra). Este proceso es vital, debido a que el proceso de degradación “natural” puede superar los 250 a 300 años; según DW. 2016, recuperado de <http://www.dw.com/es/cementerios-de-neum%C3%A1ticos-un-problema-global/a-19278585>).

Según la revista digital Interfaz Negocios (2013),

Gran parte de las llantas reutilizadas se usan como combustible para cementeras y ladrilleras al tener un poder calorífico muy alto (15,000 BTU/lb), mayor incluso que los combustibles tradicionales (200% más que el carbón); sin embargo, para que su utilización como fuente de calor no genere residuos peligrosos es necesario que se quemen a una temperatura cercana a los 1,100 °C y con controles de gases emitidos.

Para esa misma revista, la llanta, contiene caucho (natural y sintético: 41%), negro de humo (carbón: 28%), fibras textiles (nylon, poliéster, rayón u otros: 16%) y alambre de acero (principalmente en la cara de la llanta: 15%). Y para aprovechar estos materiales en un segundo uso hay básicamente dos opciones: pirólisis y trituración/pulverización.

La pirólisis consiste en quemar la llanta en ausencia de oxígeno, lo que permite la recuperación del 100% de los materiales que la constituyen: el caucho y los textiles se recuperan como un aceite (oleofinas y ceras) que se puede refinar para generar otros productos; el negro de humo y el acero se recuperan limpios en su totalidad por lo que se pueden utilizar los componentes en otros procesos industriales o en la fabricación de llantas nuevas. Este método no está exento de puntos a resolver, como la generación de subproductos y el control de gases de pirólisis, sin embargo, es una buena fuente de materias primas.

La trituración consiste en moler las llantas por procedimientos mecánicos hasta obtener diferentes tamaños de partículas (granulometría) que pueden utilizarse para diversos fines; durante este proceso se separa el acero y las fibras textiles por acción mecánica debido a que su dureza es diferente a la del caucho, posteriormente, un electroimán retira el acero y

el caucho y la fibra textil se separan por diferencia de densidades, por ejemplo, en clasificadores neumáticos.

Otro proceso más intensivo en mano de obra consiste en separar la cara de la llanta en un molino para recuperar el acero, después se corta el resto de la llanta en tiras y pasa por molinos para obtener una granulometría específica. Un último proceso consiste en congelar la llanta con temperaturas de -120 °C para, a través de golpes, separar sus componentes. (Interfaz Negocios, 2013, recuperado de <https://tuinterfaz.mx/articulos/13/98/reciclaje-de-llantas-como-convertir-un-problema-ambiental-en-productos-con-valor-agregado/>)

A continuación, mostramos una tabla en la que se visualizará el procedimiento para el manejo de neumáticos usados:

Tabla 5. Procedimientos para el manejo de neumáticos usados

Procedimientos de manejo	Descripción
Apilamiento	Es uno de los métodos más comunes empleados para el almacenamiento de neumáticos usados. Sin embargo, este procedimiento resulta peligroso en algunas zonas por convertirse en ambientes adecuados para la proliferación de numerosos vectores perjudiciales para la salud de las personas. Otro riesgo de apilar las llantas usadas es el peligro de incendio.
Entierro	Otra forma de disposición final de neumáticos enteros consiste en depositarlos dentro de rellenos sanitarios, sin embargo, esto no resulta conveniente por ser este tipo de materiales difíciles de compactar, tienden a subir a la superficie y ocupan demasiado volumen. Cuando se opte por este tipo de manejo es recomendable cortar los neumáticos antes de ser enterrados.
Termólisis	Mediante esta técnica se somete a los neumáticos a un calentamiento en un medio en el que no existe oxígeno, lo cual permite destruir los enlaces químicos de los compuestos que conforman el neumático para que se conviertan en cadenas de hidrocarburos simples. Con este proceso se logra obtener los compuestos originales del neumático (metales, carbones e hidrocarburos gaseosos) que se pueden reutilizar para la producción de nuevos neumáticos o en otras actividades industriales.
Pirolisis	Inicialmente este mecanismo presentaba problemas de separación de los compuestos carbonados, lo cual ya está siendo superado. Este procedimiento ha sido mejorado y es capaz de tratar 28 000 toneladas de neumáticos usados/año. Los productos obtenidos después del proceso de pirolisis son principalmente: gas similar al propano que se puede emplear para uso industrial; aceite industrial líquido que se puede refinar en diesel; coque y acero

Incineración	Con la utilización de este método se produce la combustión de los materiales orgánicos del neumático a altas temperaturas. Sin embargo, sigue siendo un proceso costoso y que puede generar compuestos contaminantes que son perjudiciales para la salud como son el Monóxido de carbono, Xileno, Dióxido de carbono, etc. Además, el hollín contiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos policíclicos altamente cancerígenos. Con este proceso se genera calor que puede ser usado como energía, ya que se trata de un proceso exotérmico.
Trituración Criogénica	A través de este proceso se enfría con nitrógeno líquido los neumáticos hasta -87°C , para convertirlos en frágiles y de fácil molienda. Este método requiere de instalaciones complejas razón por la cual no es rentable económicamente, además el mantenimiento de la maquinaria y del proceso es difícil, por ello este sistema de tratamiento es poco recomendable.
Trituración Mecánica	Este tipo de trituración es netamente mecánico y los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos. Este concepto incluye la fragmentación del neumático en gránulos y separación de componentes.
Producción de energía eléctrica	En este caso en particular, los residuos de neumáticos una vez preparados, se introducen en una caldera donde se realiza su combustión, el calor liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor de alta temperatura y alta presión que se conduce hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella produce la electricidad.

Fuente: Cantanhede & Monge (2002), Hernández (2013), Swaneck (2011); citados por Magallanes & Guillen (2014).

2.2.6.3. Algunas experiencias de utilización del material reciclado de neumáticos

Hemos logrado recabar información de la ciudad de México, en la que diferentes ciudades le han dado uso al material reciclado de neumáticos, a continuación, algunos ejemplos:

- En el condado de El Paso, logró el record mundial al utilizar toneladas de llantas recicladas en el asfalto de carreteras en el condado. Han pavimentado 700 millas de carreteras. Se utilizan llantas porque ayudan a la corrosión, es como un protector solar por lo que le da más flexibilidad. El proceso consiste en demoler las llantas recicladas en trozos tan pequeños como migajas de pan, para luego mezclarlas con el asfalto y cubrir las carreteras.

- En Tijuana, uno de los programas que el Centro desarrolla es el cultivo de plantas en llantas usadas. Utilizar llantas usadas para el cultivo tiene dos ventajas: las llantas permiten sembrar en lugares poco usuales y la siembra en llantas evita que los mosquitos depositen en ellas sus huevos.
- En Honduras, no comprarán llantas usadas considerándola siempre como basura que trae del exterior.
- Perú, en nuestro País, se busca utilizar las llantas usadas con en reencauche al frío.

2.3. Formulación de la Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

El material reciclado de neumáticos influye en la resistencia a la compresión y tensión, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica.

2.3.2. Hipótesis específicas

- Los diferentes porcentajes de material reciclado de neumáticos influye en el reforzamiento de las mezclas de concreto para la elaboración de adoquines en la provincia de Huancavelica.
- Existe resistencia en el diseño de mezcla de concreto con y sin material reciclado de neumáticos para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica.

2.4. Variables de estudio

Variable Independiente

Material reciclado de neumáticos en un porcentaje

Variable Dependiente

Diseño de mezcla de concreto para adoquines.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Ámbito de estudio

Esta investigación se desarrolló en el distrito, provincia y región Huancavelica.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación para este trabajo es aplicado

Murillo (2008), afirmando que: “la investigación aplicada recibe el nombre de investigación práctica, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos previamente adquiridos, a la vez que se adquieren otros, luego de sistematizar los resultados obtenidos”. Así mismo, Padrón (2006), indica que la investigación aplicada busca resolver problemas de la vida cotidiana o controlar situaciones prácticas.

3.3. Nivel de Investigación

El Nivel de la investigación para este trabajo es el nivel aplicativo, así como lo afirma Supo, (2015): “la investigación de nivel aplicada cuenta claramente con intervención, pero no se trata de una intervención deliberada como ocurre en los experimentos, a lo cual se le denomina manipulación, sino de una intervención a propósito de las necesidades de la población objetivo”. Por otro lado, Vargas (2009), afirma que:

La investigación aplicada refiere al empleo de otros tipos de estudios y técnicas, entre las que se mencionan: estudios de mercado, sondeos de opinión pública, entrevistas, y grupos focales. Todos con miras a responder con propuestas estratégicas de mejoramiento o cambio de una situación problema o para documentar experiencias basadas en situaciones reales.

3.4. Método de investigación

Para el presente trabajo investigación se han utilizado los siguientes métodos:

- Métodos particulares:

Ortiz y Garcia (2003), las características de cada rama de la ciencia adoptan métodos particulares.

Así mismo hacen referencia a Garcia, A. (1997), quien afirma que los métodos de investigación particulares pretenden no solo encontrar el modo de abordar correctamente la realidad para conocerla, sino también encontrar el modo o el medio de demostrar que ese conocimiento es objetivo.

Por lo tanto, se ha utilizado:

- Ensayo de compresión
- Ensayo de flexión
- Ensayos de laboratorio prueba normalizada para determinar el revenimiento para Pruebas de concreto ASTM C 143.
- Ensayos de laboratorio prueba normalizada para la medición de temperatura del concreto recién mezclado. ASTM C 1064.
- Ensayos de laboratorio prueba normalizado para determinar el peso unitario de un concreto. ASTM C 138.
- Ensayos de laboratorio prueba normalizado para determinar el contenido de aire del concreto recién mezclado por método de presión. ASTM C 231

Nota: AST: American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales

- Método de la medición, este método empírico, se desarrolla con el objetivo de obtener información numérica acerca de una propiedad o cualidad del objeto, proceso o fenómeno, donde se comparan magnitudes medibles conocidas. Es la asignación de valores numéricos a determinadas propiedades del objeto, así como relaciones para evaluarlas y representarlas adecuadamente. Para ello se apoya en procedimientos estadísticos. Que en este caso fueron los resultados de laboratorio.
- Método de la observación científica, se usó este método, ya que permite conocer la realidad mediante la senso-percepción directa de entes y procesos, para lo cual debe poseer algunas cualidades que le dan un carácter distintivo.

3.5. Diseño de investigación

En la presente investigación se utilizará el diseño pre-experimental, con pretest – posttest de un sólo grupo. Este diseño se efectúa una observación antes de introducir la variable independiente (O 1) y otra después de su aplicación (O2). Por lo general las observaciones se obtienen a través de la aplicación de una prueba u observación directa, cuyo nombre asignado depende del momento de aplicación. Y según Ávila (2006), en este tipo de diseños “se analiza una sola variable y prácticamente no existe ningún tipo de control No existe la manipulación de la variable independiente ni se utiliza grupo control”.

Reiteramos que si la prueba se administrará antes de la introducción de la variable independiente se le denomina pretest y si se administra después que entonces se llama posttest; tal cual lo afirma Herrera, J. & Yari Y. (2013). “son los que se refieren a, los métodos cuando los datos de interés se experimentan con muestras antes y después del ensayo. Pre experimental de Pre y Post; Test; cuyo esquema es el siguiente:

GE: O1 _____ X _____ O2

Donde:

G.E: Grupo experimental.

O1: Medición de un grupo antes

X: Tratamiento, estímulo o condición experimental

O2: Medición de un grupo después

3.6. Población, Muestra, Muestreo

Tamayo (2012), señala que “la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse (...)”; por otro lado, Hurtado y Toro (1998), también indican que: “población es el total de los individuos o elementos a quienes se refiere la investigación, es decir, todos los elementos que vamos a estudiar, por ello también se le llama universo. (p.79)”. Bajo esa línea de ideas tenemos que:

- Población: Es la mezcla de concreto para adoquines con y sin material reciclado de neumáticos.
- Muestra:
 - 01 bachada de mezcla de concreto sin material reciclado de neumático.
 - 04 bachadas de mezcla de concreto con material reciclado con determinados porcentajes de material reciclado de neumático.
- Muestreo: El muestreo es probabilístico; ya que “cada elemento de la población tiene una posibilidad conocida de ser seleccionada para la muestra” (Kinnear & Taylor. 1998, p. 404).

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La principal técnica es:

- La observación directa
- Análisis de materiales
- Fórmulas
- Diseños de mezcla
- Y ensayos de compresión

Los instrumentos utilizados son:

- Datos de campo

- Máquinas de laboratorio de mecánica de suelos de la empresa ESCOGEN.SAC
- Bolsas de conservación de muestra
- Bolsas
- Papeles

3.8. Procedimiento de recolección de datos

Hemos tratado de ser metódico en cuanto al cumplimiento del cronograma para recolección de datos es así que se procedió a:

- Recolección de neumáticos usados en la ciudad de Huancavelica
- Obtención de bachada de mezcla de concreto
- Pruebas de ensayo de prueba de revenimiento
- prueba de medición de temperatura
- prueba para determinar peso unitario
- prueba de aire de concreto.

3.9. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

3.9.1. Procesamiento

Para el procesamiento de datos se ha seguido las normas Técnicas ASTM y ACI. Los mismos que fueron usados en el laboratorio de control de calidad de materiales geotecnia ambiental, eléctrica e hidráulica (ESCOGEN.SAC)

3.9.2. Análisis de datos

Se procedió a la comparación y análisis porcentual de los resultados que arrojaron los resultados del laboratorio de mecánica de suelos. Posteriormente se realizó la revisión de información de proyectos similares y de libros que involucren temas relacionados con la investigación con el fin de realizar la discusión de resultados

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.2. Presentación de resultados

4.2.1. Recopilación de materia prima

La recopilación de materia (neumáticos usados) prima es muy sencilla ya que basta salir a cualquier carretera de la ciudad o del país y fácilmente se encuentra un neumático en sus cercanías o bien en algún basurero o relleno sanitario al que se pueda tener acceso. Siendo así esto un problema para los habitantes de la ciudad de Huancavelica.



Figura 6. Identificación de neumáticos en desuso en la av. Andrés Avelino Cáceres Yananaco-Huancavelica.

Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.



Figura 7. Recolección de llantas en la av. Andrés Avelino Cáceres Yananaco.
Fuente: Fotografía tomada por Tesistas, 2016

4.2.2. Traslado y preparación de materia prima

Luego de obtener la llanta en la orilla de la carretera se procedió a seccionarla en cuatro partes para poder manipularla y así someterla al desgaste con una maquina esmeriladora.

Es importante mencionar que las partes de la llanta que se esmerilaron fueron sólo los perfiles, puesto que toda la parte que conforma la banda de rodadura está reforzada fuertemente con hilos de acero, lo cual hace que el trabajo de esmerilado se torne peligroso ya que todo el proceso fue hecho a mano.

El cuello de toda llanta convencional en ambos lados, tal y como las que se usaron en el proceso.

Está reforzada con un torón de acero de más o menos un cuarto de pulgada para darle rigidez, parte que no se utilizó tampoco.



Figura 8. Proceso de esmerilado en llanta de hule}
Fuente: Fotografía tomada por Tesistas, 2016



Figura 9. Muestra del material de hule de llanta ya procesado
Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.

4.2.3. Definición de proporciones

La proporción de mezcla utilizada en la fabricación de adoquines en los que se practicaron las pruebas de adición de polvo de llanta es la siguiente:

- 1: 1.74:1.16:0.29 (cemento: arena: piedra: agua).

Inicialmente se hizo una producción de adoquines patrón (sin polvo de llanta), con la proporción indicada anteriormente, a los que se les practicó ensayos a flexión y compresión para determinar sus resistencias respectivamente. Luego se hicieron otras producciones que incluyeron polvo de llanta con diferentes porcentajes del mismo, las que se estudiarán adelante para poder establecer diferencias entre muestras.

El procedimiento para la mezcla de los agregados en general se hizo de la siguiente manera:

- Primero se mezcló la arena y el piedrín por un lapso de 2 minutos conjuntamente con el polvo de llanta hasta conseguir una apariencia homogénea,
- Luego se adhirió el cemento y se volvió a mezclar,
- Por último, se agregó agua para un mezclado final de 3 minutos y conseguir una mezcla seca, lista para la fundición en los moldes.



Figura 10. Muestra de mezcla seca para adoquines patrón

Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.



Figura 11. Muestra de mezcla seca para adoquines patrón
Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.

Debido a que una de las razones de mayor peso en este trabajo es el reciclaje de llantas en desuso, se adoptó:

- Una cantidad inicial de polvo de llanta del 25% en volumen de la suma de los agregados grueso y fino, como cantidad base para la primer bachada.

Descripción:

El material de polvo de llanta es blando y poco cohesivo después de haber sido reciclado. Al hacer los ensayos respectivos, esto provocó que la resistencia a compresión y a flexión en los adoquines disminuyera.

Luego de ejecutar la primer bachada, se fue variando las siguientes mezclas en rangos del 10% de volumen de contenido de polvo de llanta, hasta llegar a un 35%, exceptuando la última bachada que vario sólo en un 25 %, para dar un total del 40% de polvo de llanta, esto debido a que no se cuenta en el país con un parámetro o norma con la que se pueda tomar una referencia en cuanto a porcentajes de hule en mezclas de concreto.

Adoquines patrón

A continuación, se muestra el proporcionamiento de la mezcla patrón con la cual se trabajó el primer lote de adoquines.

Tabla 6. *Proporciona miento mezcla patrón uso en adoquines*

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	0.0 kg		
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Cantera, Rio
Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Cantera, Rio, (Chancada)
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. Máquina mezcladora para mezclas secas

Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.

De la tabla 5 y figura 12, tenemos que: el procedimiento del mezclado para la elaboración del adoquín sin el incremento del polvo del neumático usado.

Adoquines con 25% de polvo de llanta

Tabla 7. *Proporcionamiento mezcla A-1 con un 25% de polvo de llanta*

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	3.5kg	Llanta liviana	Desuso.
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Rio, Cantera
Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Rio, Cantera
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Muestra A-1 de adoquines con polvo de llanta

Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.

De la tabla 7 y figura 13, visualizamos que se procedió a trabajar con un 25% de material reciclado, polvo de llanta, sin variar cemento, arena ni piedra adquiere el color negro del adoquín.

Adoquines con 35% de polvo de llanta

Tabla 8. Proporcionamiento mezcla A-2 con un 35% de polvo de llanta.

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	4.9 kg	Llanta liviana	Desuso.
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Rio Cantera
Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Rio Cantera
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

Fuente: Elaboración propia.

Adoquines con 40% de polvo de llanta

Tabla 9. Proporcionamiento mezcla A-3 con un 40% de polvo de llanta.

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	5.6 kg	Llanta liviana	Desuso.
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Rio, Cantera
Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Rio, Cantera
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Muestra A-3 adoquines última bachada

Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.

De la tabla 9 y figura 14, se puede apreciar que el color de los adoquines es prácticamente negro, esto debido al alto porcentaje de polvo de llanta incluido en la mezcla para la bachada.

Concluidas las fundiciones de los adoquines con sus diferentes proporciones de polvo de llanta, se hicieron los ensayos de laboratorio Control de calidad de materiales geotecnia ambiental eléctrica e hidráulica (**ESCOGEN SAC**) cuyos resultados se adjuntan en el anexo del trabajo.

Adoquines con 25% de polvo de llanta con volúmenes más altos de mezcla (ratificación de resultados)

Para ratificar resultados se trabajó con una nueva muestra mayor que la inicial ya que ésta era muy pequeña en cantidad y todos los adoquines ensayados a veintiocho días, no darían resultados representativos esperados.

Esta nueva muestra se efectuó con la proporción usada en la mezcla A-1 pero con un volumen más alto para lograr un mayor número de ejemplares y conseguir así una muestra más representativa, ya que se pudo ensayar a las diferentes edades de siete, catorce y veintiocho días para establecer el comportamiento de los adoquines en los ensayos a flexión y compresión. Con esta bachada también se hicieron los ensayos de asentamiento, temperatura de mezcla, peso unitario y contenido de aire. Todos los resultados obtenidos en el laboratorio se encuentran en el anexo del trabajo.

A continuación, se muestra el cuadro con cantidades de material usado para las pruebas anteriormente descritas, y con el cual se obtuvo un número de 24 adoquines.

Tabla 10. *Proporcionamiento mezcla con un 25% de polvo de llanta.*

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	15.27 kg	Llanta liviana	Desuso.
Cemento	20.80 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	36.40 kg	Lavada	Rio, Cantera
Piedra	24.70 kg	3/8" Lavado	Rio, Cantera
Agua	6.13 kg	Pura	Mercado.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Resultados Obtenidos

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados a la mezcla patrón y a las mezclas propuestas de concreta adición de polvo de llanta, procediendo al análisis respectivo de los mismos.

4.2.4.1. Ensayos de flexión – mezcla patrón

Tabla 11. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla patrón de concreto.

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Módulo de rotura kg/cm ²	Edad en días
1 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	59	28
2 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	56	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 11, tenemos que. los resultados obtenidos en los ensayos efectuados a los adoquines demuestran: que es óptimo la resistencia a flexión, con lo cual se puede afirmar que, está en los parámetros normales para su elaboración.

Tabla 12. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Módulo de rotura kg/cm ²	Edad en días
5 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	21	28
6 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	10	28
7 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 12, observamos la resistencia a flexión el cual disminuye por debajo de los parámetros de un adoquín, pero se puede realizar para vía peatonal

Tabla 13. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-2 adoquín con polvo de llanta (35%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Módulo de rotura kg/cm ²	Edad en días
10 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	4	28
11 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	5	28
12 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	6	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 13, tenemos que. La resistencia a flexión es muy baja no se recomienda elaborar el adoquín.

Tabla 14. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-3 adoquín con polvo de llanta (40%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Módulo de rotura kg/cm ²	Edad en días
16 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	2	28
17 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	3	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 14, tenemos que los resultados obtenidos en los ensayos efectuados a los adoquines demuestran: que hay una incidencia a la baja en la resistencia a flexión, con lo cual se puede afirmar que, a mayor cantidad de material de polvo de llanta adherido a la mezcla de concreto, menor resistencia a la flexión. De acuerdo con la norma técnica peruana, la resistencia a la flexión que arrojaron los adoquines con material polvo de llanta, no satisface el requerimiento técnico para la resistencia a flexión, excepto los adoquines muestra patrón que están por encima del requerimiento de la norma.

4.2.4.2. Ensayo de compresión – primer grupo de adoquines

Tabla 15. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuado a Diseño de mezcla patrón de concreto (0% de material reciclado).

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
3 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	313	28
4 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	372	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 15, observamos la resistencia a compresión está dentro de los parámetros de acuerdo a la norma técnica peruana.

Tabla 16. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuado a diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
8 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	27	28
9 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	33	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 16, observamos la resistencia a compresión en la elaboración de un adoquín no satisface dentro de los parámetros de acuerdo a la norma técnica peruana, pero se recomienda realizar adoquines para uso peatonal. o veredas

Tabla 17. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-2 adoquín con polvo de llanta (35%).

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
13 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	28
14 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	7	28
15 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 17, observamos la resistencia a compresión en la elaboración de un adoquín no satisface dentro de los parámetros de acuerdo a la norma técnica peruana.

Tabla 18. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-3 adoquín con polvo de llanta (40%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
18 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	8	28
19 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	8	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 18, tenemos que el ensayo de compresión efectuado a los diseños de adoquines con material de polvo de llanta, mostró que disminuye considerablemente la resistencia a la compresión y esto se debe a que conforme se fue adicionando más material de hule en cada mezcla de concreto, los espacios intergranulares fueron llenados con material de hule, desplazando a los agregados gruesos y finos dando como resultado la disminución de la resistencia.

4.2.4.3. Ensayos al segundo grupo de adoquines, mayor volumen, pero con el 25% de material reciclado

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de un segundo grupo de adoquines de mayor número, al que se le efectuó los mismos ensayos de flexión y compresión, con el objeto de ratificar los datos obtenidos en el primer grupo y además se realizaron los ensayos de temperatura de mezcla, revenimiento, peso unitario y contenido de aire a este segundo grupo.

Es importante mencionar que estos nuevos se realizaron con la proporción de la mezcla patrón y los ensayos de flexión y compresión con la proporción de la mezcla A-1.

Resistencia a flexión (25%)

Tabla 19. Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a la flexión kg/cm ²	Edad en días
1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	7
2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	13	7
3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	7
4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	7
5	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	14
6	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	15	14
7	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	14
8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	14
9	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	21	28
10	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	18	28
11	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	28
12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	20	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 19, tenemos: la resistencia a flexión a distintas edades el cual se observa disminuye la resistencia.

Tabla 20. Resultados ensayo resistencia a flexión promedio efectuado a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a la flexión kg/cm ²	Edad en días
1 - 4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	7
5 - 8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17.5	14
9 - 12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 20, tenemos: el promedio de la resistencia a flexión de un adoquín a distintas edades.

Resistencia a compresión (25%)

Tabla 21. Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Edad en días
1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	40	7
2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	42	7
3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	35	7
4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	42	7
5	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	59	14
6	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	53	14
7	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	43	14
8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	53	14
9	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	69	28
10	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	73	28
11	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	73	28
12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	60	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 21, tenemos: la resistencia a la compresión disminuye el cual solo se realizará para uso de peatonal o veredas.

Tabla 22. Resultados ensayo resistencia a compresión promedio efectuado a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta.

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
1 - 4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	39.75	7
5 - 8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	52.75	14
9 - 12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	68.75	28

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 22, tenemos que el ensayo de flexión y el de compresión, efectuados a los adoquines con mezcla A-1, mostraron que en ninguno de los dos casos se logró llegar a las especificaciones requeridas por la norma técnica peruana, ni por ASTM, de tal manera que podría sugerirse realizar un adoquín para uso peatonal o veredas.

Ensayos de temperatura (25%)

Tabla 23. Resultados ensayo temperatura de mezcla

Identificación de mezcla	Proporción	cemento utilizado	Temp. Ini G cent	Temp. final G cent
A – 1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	21.5	21.5

Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Prueba de concreto recién mezclado
Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.

De la tabla 23 y la figura 15, se observa que la temperatura apta para la elaboración de mezcla de concreto a un 25% va dentro de los valores normales según la norma técnica peruana

Ensayos de revedimiento (25%)

Tabla 24. Resultados ensayo de revenimiento.

Identificación de mezcla	Proporción	cemento utilizado	Asentamiento
A – 1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	½ “

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16. Muestra de la prueba de revenimiento

Fuente: Fotografía tomada por los Tesisistas, 2016

De la tabla 24 y figura 16, se observa que el procedimiento para la prueba de revenimiento o asentamiento no debe ser mayor a 1 “

Ensayos de peso volumétrico (25%)

Tabla 25. Resultados ensayo de peso volumétrico.

Identificación de mezcla	Proporción	cemento utilizado	PV. kg/m ³
A – 1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	1535.4

Fuente: Elaboración propia.

Ensayos de contenido de aire (25%)

Tabla 26. Resultados ensayo contenido de aire.

Identificación de mezcla	Proporción	cemento utilizado	% inicial	% final
A – 1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	33

Fuente: Elaboración propia.



Figura 17. Aparato tipo B (aparato tipo Washington) ASTM C 231-78

Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.



Figura 18. Mezcla de concreto con polvo fino de llanta.

Fuente: Fotografía tomada por los Tesistas, 2016.

4.3. Discusión de resultados

Se observa que los resultados obtenidos para el ensayo de resistencia a compresión de un adoquín con polvo de llanta, es lo requerido por la norma propuesta ASTM para un adoquín tipo II de uso peatonal, cuyo valor individual de resistencia mínima a compresión deberá ser de 40 Mpa (408 Kg/cm²); como también, los resultados de la resistencia a compresión de los adoquines hechos con mezcla patrón (sin polvo de llanta).

En cuanto al ensayo de resistencia a flexión, la norma propuesta por ASTM no hace mención alguna, de manera que se toma como base la norma técnica peruana, que menciona que la resistencia a flexión o módulo de rotura de un adoquín individual mínima, deberá ser de 3.6 Mpa(36.72 Kg/cm²), dicho resultado es también alto en comparación de los resultados alcanzados en el ensayo de resistencia a la flexión de los adoquines hechos con mezcla de polvo de llanta.

Referente a los ensayos realizados a la mezcla seca hecha con polvo de llanta, se tiene que la temperatura no tuvo variación alguna durante el período de ensaye, el resultado de la prueba de revenimiento fue de $\frac{1}{2}$ ", de lo cual se puede interpretar que el comportamiento de la mezcla con polvo de llanta es bastante similar a las mezclas con bajo asentamiento hechas con cemento

Portland y agregados convencionales. Para el ensayo de densidad del concreto se puede decir que éste, está entre el rango de concretos ligeros debido al resultado que dio el ensayo a pesar de la inclusión de polvo de llanta.

El ensayo de contenido de aire en la mezcla es tal vez el más importante de este trabajo, sin restar importancia a los demás, ya que es posible que debido al alto contenido de aire que se reportó al final del mismo, sea la razón de mayor peso en la disminución de la resistencia a compresión y flexión de los adoquines con polvo de llanta.

CONCLUSIONES

1. El descenso en los valores de las propiedades de resistencia a la compresión de los compuestos con Polvo de Neumático se debe a la porosidad que se origina en las muestras. Por otra parte, el comportamiento del compuesto de concreto con 25% en peso de Polvo de Neumático muestra las propiedades analizadas, valores similares a los del concreto tradicional. Esto se debe a que las partículas pequeñas se colocan en los huecos dejados por las partículas grandes de Polvo de Neumático, disminuyendo de esta forma la porosidad.
2. El uso de polvo de llanta en una mezcla de concreto demostró ser compatible en el desarrollo de las características mecánicas de la misma, porque disminuye la capacidad de la resistencia a la compresión y la flexión, según estándares de la norma propuesta ASTM
3. Debido a la disminución de la resistencia a compresión en edades tempranas y tardías, no se recomienda el uso de este tipo de adoquín en arterias vehiculares.
4. Si bien el uso de llantas como adición en la mezcla es de provecho para el medio ambiente, se necesita tener o buscar una mejor alternativa para la transformación del material de hule de llanta, ya que el utilizado en este trabajo fue hecho completamente a mano y es un proceso lento y por ende de poca producción.
5. Se concluye que de los ensayos hechos a la mezcla seca bajo normas ASTM, sólo el de contenido de aire presenta un aumento debido a la inclusión de polvo de llanta.
6. En resumen, se puede inferir que es factible, de acuerdo a los datos analizada, utilizar el 25% en peso de Polvo de Neumático de tamaño aleatorio (al azar), ya que no deteriora las características del concreto, además lo vuelve más liviano y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de esta clase de adoquines con polvo de llanta para calles peatonales, parques y en general áreas que no sean afectadas por cargas vehiculares.
2. Es necesario analizar el uso de polvo de llanta para otras condiciones de la ingeniería como paneles aislantes para sonido.
3. Determinar los posibles efectos dañinos para la salud, tanto en la manipulación como en la utilización de polvo de llanta por largos periodos.
4. Se debe utilizar equipo de seguridad para vías respiratorias y ojos, al momento de la transformación de la materia prima de polvo de llanta.
5. Se recomienda una investigación complementaria con diferentes proporciones de sustitución Polvo de llanta en mi opinión estudiar resultados para relevos del 35% y 40% que busquen incrementar el volumen de Polvo de llanta de Neumático reciclado dentro de la mezcla para concreto y lograr determinar el grado de satisfacción para estos reemplazos, en relación a lo requerido por las diferentes normatividades.
6. Se recomienda continuar el estudio con una investigación que permita evaluar la resistencia a la flexión y a la tracción de las mezclas con las mismas sustituciones de Polvo de llanta de Neumático reciclado, elaboradas en este trabajo; un estudio de compatibilidad química como también evaluar resultados con mismos valores de relevo respecto a la arena, pero con diferentes granulometrías del Polvo de llanta de Neumático reciclado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álamo N., R. (1973-1974). Muros de bloques de concreto. *Revista IMCYC*, 1.
- Arrieta, J., & Peñaherrera, E. (2001). Fabricación de Bloques.
- Arrieta, J., & Muñoz, F. (2011). Características de resistencia del hormigón con ceniza., Universidad austral de Chile.
- Asocem. (s.f.). *La adición de partículas de neumáticos reciclados en el concreto* Recuperado de: http://www.asocem.org.pe/web/_actual/net.lmaticos.pdf
- Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria de los neumáticos*. Buenos Aires, Argentina.
- Cantanhede & Monge (2002). *Estado del Arte del Manejo de Llantas Usadas en Las Américas*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS. Lima Consulta: 6 de junio de 2017. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd24/manejo.pdf>
- Peñaherrera, D. (xxx). *Fabricación de Bloques Huecos de Concreto con una Mesa Vibradora*. Lima.
- González G. (1983). *Bloques de Concreto*. Revista IMCYC.
- Hernández (2013). Plan tecnológico del proceso de reciclado de llantas. Universidad Autónoma de Querétaro. México. Swaneck (2011). Reciclado de Neumáticos Fuera de Uso y su Aplicación en la Construcción. Universidad Mayor - Facultad de Ingeniería. Chile.
- Kozievith, & Pino. (2001). *Comportamiento del caucho pulverizado proveniente de llantas con el cemento portland*. EEUU.
- Ramírez, N & Muñoz, G. (2010). *Tesis: Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco*. Universidad de Chile. Santiago. Chile.

Revista Ingeniería Construcción. *Hormigón liviano de alto desempeño – una comparación entre pérdidas de pretensado reales y estimadas por los códigos de diseño*. Chile.

Revista Tecnología y Construcción. *Hormigón Celular: La “sustentabilidad” y Ahorro energético llegaron al hormigón*. Recuperado de <http://www.revistatc.com/?p=3678>

Rivva, E. (1992). *Tecnología del Concreto, Diseño de Mezclas*. Lima: HOZLO S.CR.L.

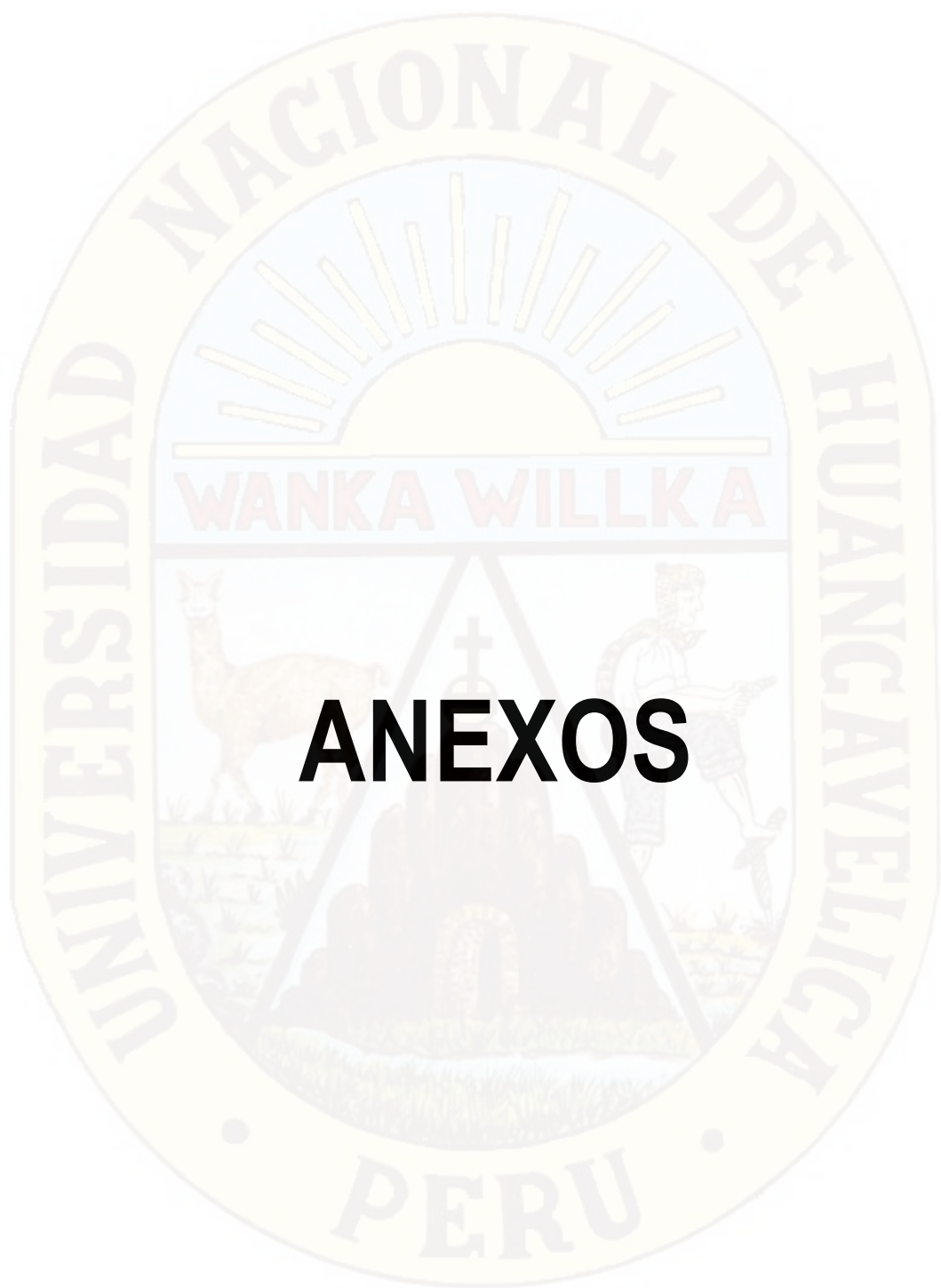
Sánchez , D. (1993). Tecnología del Concreto y del Mortero. En D. Sánchez, *Tecnología del Concreto y del Mortero* (pág. 349). Bogotá: Lta. Santa Fé de Bogotá.

Toutanji, A. (1996). *El uso de caucho de neumáticos partículas en concreto a Reemplazar Mineral Agregados, Journal of Cemento y Composites de hormigón*. Vol. 18, EE.UU.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- ✓ <http://adoquines-beto.blogspot.com/2009/05/adoquines-introduccion.html>
- ✓ <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12875/tesis.pdf.pdf?sequence=1>
- ✓ http://ich.cl/descargas/wp-content/uploads/13-04-24_PAV_CON_construccion-de-pav-adoquines-de-hormigon.pdf
- ✓ [https://azek.com/docs/installation/AZEKPavers_CompleteInstallGuide_Spanish\(Mexico\).pdf](https://azek.com/docs/installation/AZEKPavers_CompleteInstallGuide_Spanish(Mexico).pdf)
- ✓ <http://itacanet.org/esp/construccion/concreto/dise%C3%B1o%20de%20mezclas.pdf>
- ✓ <http://www.redalyc.org/pdf/4276/427652775004.pdf>
- ✓ <http://www.dw.com/es/cementerios-de-neum%C3%A1ticos-un-problema-global/a-19278585>

- ✓ <https://tuinterfaz.mx/articulos/13/98/reciclaje-de-llantas-como-convertir-un-problema-ambiental-en-productos-con-valor-agregado/>
- ✓ [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/\\$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/8825141B7F35F94F0525810C0070DA35/$FILE/275_INFINVES61_2014_neumatico.pdf)
- ✓ Hormigón Liviano <http://www.induspol.com.ar/index.php?mod=aplicacionesd&type=desc&id=5>
- ✓ Perlas de Aislapol – Productos alternativos. Chile
<http://www.basf.cl/aislapol/productos/perlas/index.html>
- ✓ http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071850732007000100006&script=sci_artextHormigón Liviano – Variedades
- ✓ Reciclado de neumáticos de desecho para construir muros de contención con objeto de detener los deslizamientos de tierra. http://web.idrc.ca/es/ev-5145-201-1-DO_TOPIC.html
- ✓ Reciclar Neumáticos para construir Muros – USA,
<http://elblogverde.com/reciclar-neumticos-para-construir-muros/>
- ✓ Innovador Programa de Reciclaje en Peñalolén,
<http://www.mma.gob.cl/1257/w3-article-49524.html>
- ✓ El Mundo del Reciclaje – Artesanía con desechos de neumáticos,
<http://elmundodelreciclaje.blogspot.com/2008/04/un-neumtico.html>
- ✓ NORMATIVA CHILENA SOBRE NEUMATICOS - Reciclaje de neumáticos: Un pasivo ambiental en tierra de nadie,
<http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0121012005021X0020069>



ANEXOS

ANEXO A MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACIÓN DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMÁTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA”

BACHILLERES: LEDEZMA CHUMBES, Felipe Y YAURI HUIZA, Wilder

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE INVESTIGACIÓN
¿De qué manera influye el material reciclado de neumáticos, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica? Problemas Específicos: ¿De qué manera influye la incorporación de un determinado porcentaje de material reciclado de neumáticos en los diseños de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica? ¿Cuál será la resistencia del adoquín de concreto con y sin material reciclado de neumáticos en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica?	Determinar la influencia del material reciclado en la resistencia a la compresión y tensión, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica. Objetivos Específicos: Determinar la influencia de las mezclas de concreto reforzado con diferentes porcentajes de material reciclado de neumáticos para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica. Determinar la resistencia del adoquín de concreto con y sin material reciclado de neumáticos en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica.	El material reciclado de neumáticos influye en la resistencia a la compresión y tensión, en el diseño de mezcla de concreto para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica. Hipótesis Específicas: Los diferentes porcentajes de material reciclado de neumáticos influyen en el reforzamiento de las mezclas de concreto para la elaboración de adoquines en la provincia de Huancavelica. Existe resistencia en el diseño de mezcla de concreto con y sin material reciclado de neumáticos para la elaboración de adoquines en la Provincia de Huancavelica.	<u>Variable Independiente</u> Material reciclado de neumáticos en un porcentaje <u>Variable Dependiente</u> Diseño de mezcla de concreto para adoquines	Administración de material reciclado para una mezcla Resistencia de la mezcla de concreto	INDICADORES - Resistencia de la muestra con administración del material reciclado - Resistencia de la muestra sin administración del material reciclado - Diseño de mezcla de concreto - Administración de agua, cemento, agregado grueso y fino. X	La investigación es de tipo aplicada. NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Pre experimental, de corte longitudinal, de tipo aplicada y nivel aplicativo. GE: 01_____ X _____ 02 POBLACIÓN Y MUESTRA Población: Concretos con y sin material reciclado de neumáticos. Muestra: 01 bachadas de mezcla de concreto sin material reciclado de neumático. 04 cachadas de mezcla de concreto con material reciclado con determinados porcentajes de material reciclado de neumático. bachadas (probetas) de mezclas de concreto con material reciclado de neumáticos Muestro: Probabilístico. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS Máquina de comprensión Formatos de laboratorio Análisis Bibliográfico.

ANEXO B

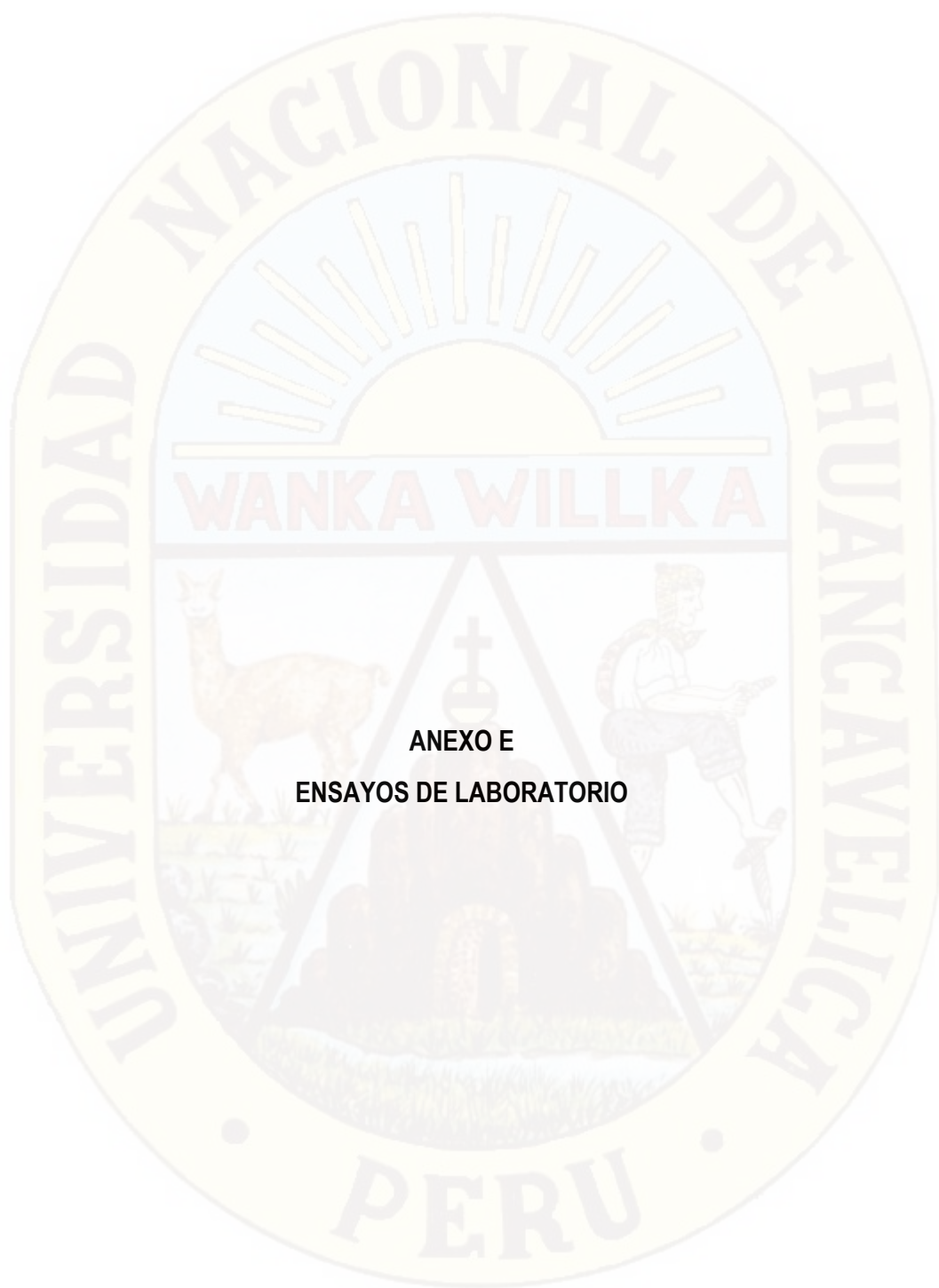
OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variables	Dimensión	Indicadores	Medición	Instrumento
Variable Independiente Material reciclado de neumáticos en un porcentaje (X)	Administración de material reciclado para una mezcla	- Resistencia de la muestra con administración del material reciclado - Resistencia de la muestra sin administración del material reciclado	- Ensayo a compresión - Ensayo a compresión	- Máquina de compresión - Formatos de laboratorio
Variable dependiente Diseño de mezcla de concreto para adoquines (Y)	Resistencia de la mezcla de concreto	- Diseño de mezcla de concreto - Administración de agua, cemento, agregado grueso y fino.	- Ensayo a compresión - Ensayo a compresión	- Máquina de compresión - Formatos de laboratorio

[illegible]

ANEXO D
PRESUPUESTO Y CALENDARIO DE GASTOS

RECURSOS	CANTIDAD	COSTO (S/.)
Material de escritorio		
✓ Papel Bond A4 de 70 g.	4 millares	72.00
✓ Lapiceros	10 unidades	8.50
✓ Lápices	4 unidades	4.80
✓ Grapas	4cajas	4.00
✓ CD-Room	5 unidades	10.00
✓ Cuadernillos	4 unidades	6.00
✓ Fólder	12 unidades	12.00
✓ Corrector	2 unidades	9.00
✓ Resaltador	2 unidades	3.00
✓ Tinta de Impresión a color	2 unidades	340.00
✓ Tinta de Impresión en negro	2 unidades	280.00
✓ Papel Bond A2 de 70 g.	12 unidades	7.20
Subtotal		753.00
Bienes de consumo		
➤ Internet	100horas	100.00
➤ Fotos	Global	80,00
➤ Fotocopias	Global	200,00
➤ Escaneados	Global	55,00
➤ Anillado	8 unidades	30,00
➤ Encuadernación	10 unidades	200,00
Subtotal		665,00
Viáticos y fletes:		
✓ Movilidad	Global	400,00
✓ Alimentación	Global	350,00
✓ Ensayos en laboratorio	Global	2000,00
✓ Alquiler de equipos	Global	250,00
✓ Otros	Global	300,00
Subtotal		3300,00
Total		4718,00



ANEXO E
ENSAYOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCavelica

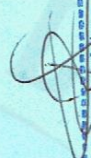
UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCavelica-HUANCavelica

REPORT E ENSAYOS DE COMPRESION CONCRETO F'C - 175 KG/CM2, (25% DE POLVO DE LLANTA)

ASTM C-617

Serie	Fecha		Estructura	Tipo de Concreto	Edad (días)	Slump (Pulg.)	Lectura Dial (Kg.)	Área (cm2)	Resisten. Kg/cm2	%	Promedio en %	INTERVALO R	Resis. Requerida %
	N°	Moldeo Rotura											
001	29-ago-15	5-sep-15	ADOQUINES	175	7	4	27746	181.2	153.1	87.5			
002	29-ago-15	5-sep-15		175	7	4	28170	182.3	154.5	88.3	87.9	1	70
003	29-ago-15	5-sep-15		175	7	4	27919	181.5	153.8	87.9			
004	29-ago-15	12-sep-15		175	14	4	35619	180.7	197.1	112.6			
005	29-ago-15	12-sep-15		175	14	4	35093	180.0	195.0	111.4	112.6	4	90
006	29-ago-15	12-sep-15		175	14	4	36247	182.3	198.8	113.6			
007	29-ago-15	26-sep-15		175	28	4	40788	182.0	224.1	128.1			
008	29-ago-15	26-sep-15		175	28	4	40248	180.8	222.6	127.2	127.0	4	100
009	29-ago-15	26-sep-15		175	28	4	39699	180.4	220.1	125.7			

ADOQUINES



Ing. Carlos A. Rodriguez Ayquipa
Asesor Técnico S/N 115992
Mec. Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica



Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES GEOTECNIA
RUC N° 2080240553



INFORME: Lab oct-16

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA

UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCAMELICA-HUANCAMELICA

REPORTE ENSAYOS DE COMPRESIÓN CONCRETO F'c - 175 KG/CM2, (35% DE POLVO DE LLANTA)

ASTM C-617

Serie	Fecha		Estructura	Tipo de Concreto	Edad (días)	Slump (Pulg.)	Lectura Dial (Kg.)	Área (cm2)	Resisten. Kg./cm2	Resisten. %	Promedio en %	INTERVALO R	Resis. Requerida %
	N°	Moldeo	Rotura										
001	22-ago-15	22-ago-15	29-ago-15	175	7	4	22466	181.5	123.8	70.7			
002	22-ago-15	22-ago-15	29-ago-15	175	7	4	23112	180.9	127.8	73.0	71.7	4	70
003	22-ago-15	22-ago-15	29-ago-15	175	7	4	22701	182.1	124.7	71.2			
004	22-ago-15	22-ago-15	5-sep-15	175	14	4	30067	180.1	166.9	95.4			
005	22-ago-15	22-ago-15	5-sep-15	175	14	4	29577	180.0	164.3	93.9	92.8	11	90
006	22-ago-15	22-ago-15	5-sep-15	175	14	4	28433	182.4	155.9	89.1			
007	22-ago-15	22-ago-15	19-sep-15	175	28	4	30790	182.3	168.9	96.5			
008	22-ago-15	22-ago-15	19-sep-15	175	28	4	31542	180.7	174.6	99.7	99.4	9	100
009	22-ago-15	22-ago-15	19-sep-15	175	28	4	32317	181.4	178.2	101.8			

ADOQUINES

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438

Ing. Carlos R. Riquelme Ayquipa
Asesor Técnico CIP-115992
Mód. Tesis, Ponencia, Relato e Hidráulica

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACIÓN DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMÁTICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCVELICA

UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCVELICA-HUANCVELICA

REPORTES ENSAYOS DE COMPRESIÓN CONCRETO F'C - 175 KG/CM2, (45% DE POLVO DE LLANTA)

ASTM C-617

Serie	Fecha		Estructura	Tipo de Concreto	Edad (días)	Slump (Pulg.)	Lectura Dial (Kg.)	Área (cm2)	Resisten. Kg./cm2	%	Promedio en %	INTERVALO R	Resis. Requerida %
	N°	Moldeo	Rotura										
001	5-sep-15	12-sep-15	ADOQUINES	175	7	4.5	22154	181.5	122.1	69.7	69.7	1	70
002	5-sep-15	12-sep-15		175	7	4.5	22177	180.9	122.6	70.1			
003	5-sep-15	12-sep-15		175	7	4.5	22108	182.1	121.4	69.4			
004	5-sep-15	19-sep-15		175	14	4.5	29044	180.1	161.3	92.2	90.9	5	90
005	5-sep-15	19-sep-15		175	14	4.5	28827	180.0	160.2	91.5			
006	5-sep-15	19-sep-15		175	14	4.5	28433	182.4	155.9	89.1			
007	5-sep-15	3-oct-15		175	28	4.5	28618	181.3	157.8	90.2	93.1	8	100
008	5-sep-15	3-oct-15		175	28	4.5	29757	180.7	164.7	94.1			
009	5-sep-15	3-oct-15		175	28	4.5	30338	182.5	166.2	95.0			

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico CIP. 115992
Mec. Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
AMBIENTAL, ELÉCTRICA E HIDRÁULICA
RUC Nº 20600240553

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA

INFORME : Lab ago-16

FECHA : 22-ago-16

UBICACIÓN :ASCENSION-HUANCAMELICA-HUANCAMELICA

CERTIFICADO Nº : C_AF-/001

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1

MATERIAL : Arena Zarandeada y Lavada (1/4" - 0")

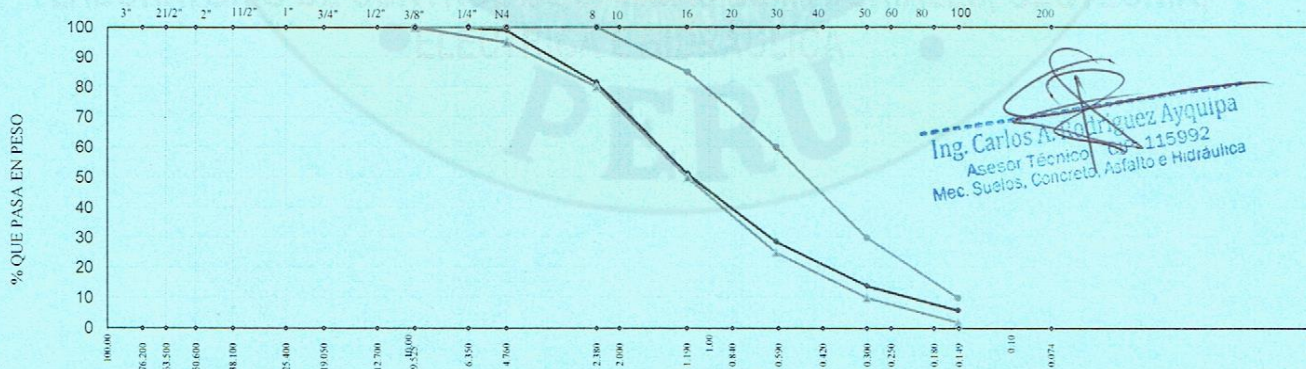
Peso inicial seco 1075.0 gr.

Tamices	Abertura	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones Técnica Grad. "A"	Datos de la Muestra	
ASTM	en mm.	(gr)						
3"	76.200							
2 1/2"	63.500							
2"	50.800							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400						% De Humedad:	5.54
3/4"	19.050						% De Grava:	1.01
1/2"	12.700						% De Arena	98.99
3/8"	9.525				100.0	100.0	Tam. Maximo:	3/8"
1/4"	6.350						% Pasante # 200	3.44
4	4.750	10.9	1.0	1.0	99.0	95.0	Mod. De Fineza:	3.20
8	2.380	187.8	17.5	18.5	81.5	80.0		
10	2.000						OBSERVACIONES	
16	1.180	326.6	30.4	48.9	51.1	50.0		
20	0.840						Humedad Natural	
30	0.600	241.7	22.5	71.3	28.7	25.0		
40	0.425						Sh + Tara	706.3
50	0.300	158.0	14.7	86.0	14.0	10.0	Ss + Tara	669.2
60	0.250						Tara	
80	0.177						Peso Agua	37.1
100	0.150	86.3	8.0	94.1	5.9	2.0	Peso Suelo Seco	669.2
200	0.075	26.7	2.5	96.6	3.4		Humedad (%)	5.5
pasa	<200	37	3.4	100.0				

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA

Limite líquido (%)	-		Modulo Fineza	3.20	P. específico Bulk (Seco) gr/cc	2.623
Limite Plastico (%)	-		Equivalente de arena (%)	80	P. específico Bulk (Saturado) gr	2.660
Índice plástico (%)	-		Mat. Tamiz # 200 (%)	1.7	P. específico Aparente gr/cc	2.723
Clasificación:	SUCS.	SP	Terr de Arc y part. friables		Absorción Arena (%)	1.40
	AASHTO	A-1-b (0)	Peso Unitario Suelto	1.658	Partículas Livianas (%)	-
Cu	3.4	Cc	Peso Unitario Varillado	1.830	Impurezas Orgánicas (Grado)	-

CURVA GRANULOMÉTRICA
MALLAS U.S. STANDARD



OBSERVACIONES:

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
AMBIENTAL, ELÉCTRICA E HIDRÁULICA
RUC N° 20600240553

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y
PAVIMENTOS**

**ENSAYOS EQUIVALENTE DE ARENA
(ASTM D-2419 MTC E-114)**

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES
CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE
HUANCAVELICA

INFORME : Lab ago-16

UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCAVELICA-HUANCAVELICA

FECHA : 22-ago-16
CERTIFICADO N° : C_AF-/002

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1

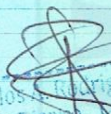
MATERIAL : Arena Zarandeada y Lavada (1/4" - 0")

EQUIVALENTE DE ARENA

N° de Ensayo	1	2	3	
Hora de entrada a saturación	16:12	16:14	16:16	
Hora de salida de saturación (mas 10")	16:22	16:24	16:26	
Hora de entrada a decantación	16:24	16:26	16:28	
Hora de salida de decantación (mas 20")	16:44	16:46	16:48	
Altura máxima de material fino	3.9	3.8	3.9	
Altura máxima de la arena	3.1	3.1	3.1	
Equivalente de Arena	79.49	81.58	79.49	
Promedio	80.2			

Observaciones:


Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIR. N° 178438


Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Agente Técnico N° 115992
Mec. Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
AMBIENTAL, ELÉCTRICA E HIDRÁULICA
RUC N° 20600240553

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES
CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE
HUANCAVELICA

INFORME N° : Lab ago-16

UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCAVELICA-HUANCAVELICA

FECHA : 22-ago-16
CERTIFICADO N° : C_AF-/003

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1

MATERIAL : Arena Zarandeada y Lavada (1/4" - 0")

LADO

AGREGADO GRUESO

	IDENTIFICACIÓN	0	1	2	3	4	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)						
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)						
C	Vol. de Masas + Vol. de Vacíos = A-B						
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°)						Promedio
E	Vol. de Masa = C - (A-D)						
	Pe Bulk (Base seca) = D/C						
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/C						
	Pe Aparente (Base seca) = D/E						
	% Absorción = ((A-D) / D) x 100						

AGREGADO FINO

	IDENTIFICACIÓN	0	1	2	3	4	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)		500.00	500.00			
B	Peso Frasco + H2O		654.20	664.20			
C	Peso Frasco + H2O + A		1154.20	1164.20			
D	peso Mat. + H2O en el Frasco		966.50	975.90			
E	Vol. Masa + Vol. Vacíos = C - D		187.70	188.30			
F	Peso del Mat. Seco en Estufa (105°)		493.00	493.20			Promedio
G	Vol. de Masa = E - (A-F)		180.70	181.50			
	Pe Bulk (Base seca) = F/E		2.627	2.619			2.623
	Pe Bulk (Base Saturada) = A/E		2.664	2.655			2.660
	Pe Aparente (Base seca) = F/G		2.728	2.717			2.723
	% Absorción = ((A-F) / F) x 100		1.420	1.379			1.399

OBSERVACIONES:

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico
Mec. Suelos, Concretos, Asfalto e Hidráulica



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA
ELECTRICA E HIDRAULICA
RUC N° 20600240553

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ (N° 200)
MTC E-202

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE
ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA
PROVINCIA DE HUANCAMELICA

INFORME N° : Lab ago-16

UBICACIÓN :ASCENSION-HUANCAMELICA-HUANCAMELICA

FECHA : 22-ago-16
CERTIFICADO N° : C_AF-/004

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1
MATERIAL : Arena Zarandeada y Lavada (1/4" - 0")
LADO

A	Peso de la muestra seca	gr	841.80
B	Peso de la muestra seca despues de lavado	gr	827.80

$$\begin{aligned} \% \text{ QUE PASA LA N}^\circ 200 &= (A-B) / A \times 100 \\ \% \text{ QUE PASA LA N}^\circ 200 &= (\%) \end{aligned}$$

1.7



Observaciones:

Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP N° 175439

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico CIP: 115992
Mec. Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
AMBIENTAL, ELÉCTRICA E HIDRÁULICA
RUC N° 20600240553

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y
PAVIMENTOS

IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL AGREGADO FINO
(MTC E 213 - ASTM C 40 - AASHTO T-21)

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE
ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA
PROVINCIA DE HUANCAMELICA INFORME : Lab ago-16
FECHA : 22-ago-16
UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCAMELICA-HUANCAMELICA CERTIFICADO N° : C_AF-/005

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1
MATERIAL : Arena Zarandeada y Lavada (1/4" - 0")
LADO

EQUIPO		COLOR STANDARD CHART - MODEL CT-97			
		La tabla de colores estándar del aparato es utilizada en lugar de las soluciones de color estándar y elimina la necesidad de preparar una nueva solución para cada prueba.			
PRUEBA	PESO MUESTRA		360.2	SOLUCION NaOH (3.0)%	100.0 ml.
	FECHA PREPARACION		: 22-ago-16	HORA	11:30 AM
	FECHA LECTURA		: 23-ago-16	HORA	11:30 AM
	TABLA DE COLORES ESTANDAR		RESULTADOS DE LA PRUEBA		
			COLOR DEL LIQUIDO DE LA MUESTRA	INTERPRETACION	CONCLUSION
	↑ MAS CLARO	1	X	POCO O NINGUN CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO DAÑO	APROBADO PARA USO
		2			
	COLOR ESTANDAR DE REFERENCIA	3		CONTENIDO DE COMPONENTE ORGÁNICO ACEPTABLE	
		↓ MAS OSCURO	4		POSIBILIDAD DE CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO DAÑO
	5				

OBSERVACIONES :

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP N° 178438

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico CIP 15992
Mec. Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
AMBIENTAL, ELÉCTRICA E HIDRÁULICA
RUC N° 20600240553

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y
PAVIMENTOS**

**PESO UNITARIO Y VACIO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO
(MTC E 203 - ASTM C 29)**

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES
CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE
HUANCavelica **INFORME N°** : Lab ago-16

UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCavelica-HUANCavelica

FECHA : 22-ago-16
CERTIFICADO N° : C_AF-/006

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1

MATERIAL : Arena Zarandeada y Lavada (1/4" - 0")

LADO

Altura : 30.00 cm

Volumen: 5,542.00 cm³

AGREGADO GRUESO

N° Muestra								
W. Suelo Seco+Molde (g)								
W. Molde (g)								
W. Suelo (g)								
Peso Unitario Compacto (g/cm3)								
Promedio - Peso Unitario Compacto								

N° Muestra								
W. Suelo Seco+Molde (g)								
W. Molde (g)								
W. Suelo (g)								
Peso Unitario Suelto (g/cm3)								
Promedio - Peso Unitario Suelto								

AGREGADO FINO

N° Muestra				1	2	3	4	5	6
W. Suelo Seco+Molde (g)				16,778	16,794	16,748	16,773		
W. Molde (g)				6,632	6,632	6,632	6,632		
W. Suelo (g)				10,146	10,162	10,116	10,141		
Peso Unitario Compacto (g/cm3)				1.831	1.834	1.825	1.830		
Promedio - Peso Unitario Compacto							1.830		

N° Muestra				1	2	3	4	5	6
W. Suelo Seco+Molde (g)				15,827	15,812	15,831	15,816		
W. Molde (g)				6,632	6,632	6,632	6,632		
W. Suelo (g)				9,195	9,180	9,199	9,184		
Peso Unitario Suelto (g/cm3)				1.659	1.656	1.660	1.657		
Promedio - Peso Unitario Suelto							1.658		

OBSERVACIONES:

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438

Ing. Carlos A. Arce Ayquipa
Asesor Técnico - 115992
Mec. Suelos, Contr. Asfalto e Hidráulica



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)

PROYECTO	:	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA
----------	---	--

INFORME : Lab ago-16

FECHA : 22-ago-16

CERTIFICADO N° : C-AG/001

UBICACIÓN : ASCENSION-HUANCAVELICA-HUANCAVELICA

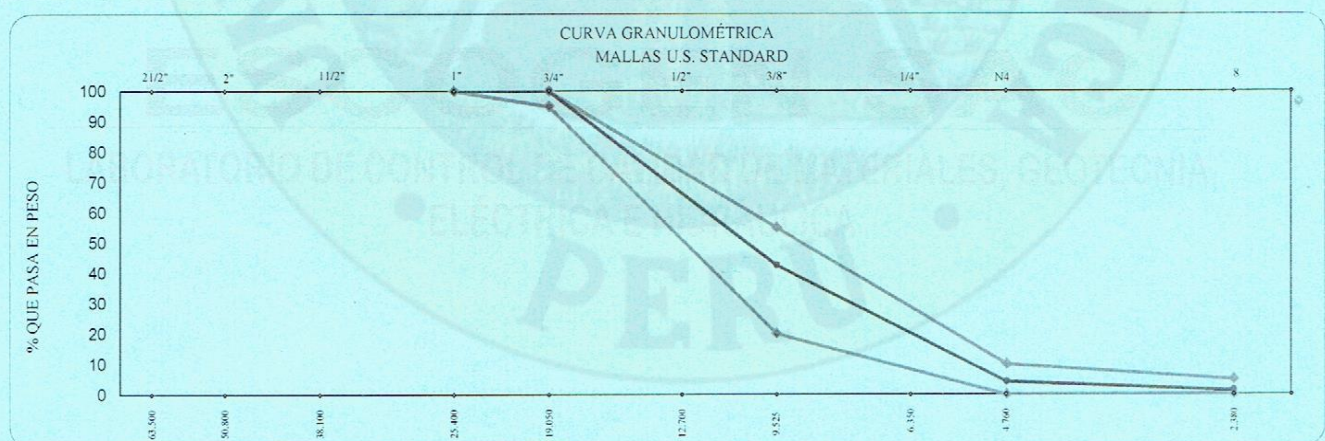
MUESTRA : 001

MATERIAL : : Piedra Chancada

[illegible]

CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA

Límite líquido (%)	-	01 Cara Fracturada (%)	100.00	P. Específico Bulk B. Seca(g/cc.)	2.671
	-	02 Caras Fracturadas (%)	92.15	P. Específico Bulk B. Saturado(g/cc.)	2.692
Índice plástico (%)	-	Chatas y Alargadas (%)	13.0	P. Específico Aparente(g/cc.)	2.729
Clasificación:	SUCS.	GW	Abrasión (%)	Absorción (%)	0.796
	AASHTO	A-1-a (0)	Peso Unitario Suelto	Durabilidad (%)	
Cu	4.1	Cc	Peso Unitario Varillado		
		1.2			



OBSERVACIONES: Muestra tomada de acopio, batido con cargador frontal.


Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438

~~Ing. Carlos E. Rodriguez Ayquipa~~
Asesor Técnico. Cel: 115992
Med. Suelos, Concreto, Acero e Hidráulica



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
AMBIENTAL, ELÉCTRICA E HIDRÁULICA
RUC N° 20600240553

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS,
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

**PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(MTC E 210 - ASTM D 5821)**

PROYECTO	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA	INFORME : Lab ago-16
UBICACIÓN	ASCENSION-HUANCAMELICA-HUANCAMELICA	FECHA : 22-ago-16 CERTIFICADO N° : C-AG/002

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: N° 1
MATERIAL	: Piedra Chancada

CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	1 CARA FRACTURADA (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	2297	2297.0	100.0	22.7	22.7	
1/2"	3/8"	3523	3523.0	100.0	34.8	34.8	
TOTAL		5820.0	5820.0		57.5	57.5	100.0

CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		PESO POR MALLAS (A) (gr)	2 CARAS FRACTURADAS (B) (gr)	% POR MALLAS (C) = (B/A)*100 (%)	PORCENTAJE POR MALLAS (D) (%)	(E) = (C)*(D) (%)	(E)/(D)
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ						
2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	2297	2115.0	92.1	22.7	20.9	
1/2"	3/8"	3523	3248.0	92.2	34.8	32.1	
TOTAL		5820.0	5363.0		57.5	52.9	92.1

OBSERVACIONES:

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico
Mec. Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica
CIP. 115992



Determinación de Partículas CHATAS Y ALARGADAS (NORMA ASTM D 4791)

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA

INFORME : Lab ago-16

UBICACIÓN ASCENSION-HUANCAVELICA-HUANCAVELICA

FECHA : 22-ago-16
CERTIFICADO N° : C-AG/003

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: N° 1
MATERIAL	: Piedra Chancada

Particulas Chatas

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			CHATAS Y ALARGADAS			NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
3"	76.200												
2"	50.800												
1 1/2"	38.100												
1"	25.400												
3/4"	19.050												
1/2"	12.700	2297.0	39.5	60.5	3.0	0.1	0.1	198.0	8.6	3.4	2096.0	91.2	36.0
3/8"	9.525	3523.0	60.5	0.0				555.0	15.8	9.5	2968.0	84.2	51.0
	TOTAL	5820.0	100.0		3.0		0.1	753.0		12.9	5064.0		87.0

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	5820.0	
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	13.0	

PROMEDIO	13.0
----------	------

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico C.R. 115992
Mec. Suplos, Concreto, Asfalto e Hidráulica

OBSERVACIONES:

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
ELECTRICA E HIDRAULICA
RUC N° 20600240553

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES)
(MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96)

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES
CON MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE
HUANCAVELICA

INFORME N° : Lab ago-16

FECHA : 22-ago-16

UBICACIÓN ASCENSION-HUANCAVELICA-HUANCAVELICA

CERTIFICADO N° : C-AG/004

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1

MATERIAL : Piedra Chancada

Tamiz Pasa - Retiene	Metodo "B"				
	A	B	C	D	E
1 1/2" - 1"					
1" - 3/4"					
3/4" - 1/2"		2502.0			
1/2" - 3/8"		2500.0			
3/8" - 1/4"					
1/4" - N° 4					
N° 4 - N° 8					
Peso Total		5002.0			
(%) Retenido en la malla N° 12		3798.0			
(%) Que pasa en la malla N° 12		1204.0			
N. de esferas		11			
Peso de las esferas (gr)		4584 ± 25			
% Desgaste		24.1%			

OBSERVACIONES :

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 178438

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico CIP: 113092
Mec. Suelos, Concreto, Hidráulica



ESCOGEN SAC

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,

AMBIENTAL, ESTRUCTURA E HIDRAULICA
RUC N° 20600240553

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**PESO UNITARIO Y VACIO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO
(MTC E 203 - ASTM C 29)**

PROYECTO

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON
MATERIAL RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA

INFORME : Lab ago-16

FECHA : 22/08/2016

UBICACIÓN ASCENSION-HUANCAMELICA-HUANCAMELICA

CERTIFICADO N° : C_AG-/005

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1

MATERIAL : Piedra Chancada

Altura : 30.00 cm

Volumen: 5,542.00 cm³

AGREGADO GRUESO

N° Muestra				1	2	3	4		
W. Suelo Seco+Molde (g)				15,379	15,390	15,385	15,392		
W. Molde (g)				6,632	6,632	6,632	6,632		
W. Suelo (g)				8,747	8,758	8,753	8,760		
Peso Unitario Compacto (g/cm3)				1,578	1,580	1,579	1,581		
Promedio - Peso Unitario Compacto							1,580		
N° Muestra				1	2	3	4		
W. Suelo Seco+Molde (g)				14,354	14,318	14,348	14,370		
W. Molde (g)				6,632	6,632	6,632	6,632		
W. Suelo (g)				7,722	7,686	7,716	7,738		
Peso Unitario Suelto (g/cm3)				1,393	1,387	1,392	1,396		
Promedio - Peso Unitario Suelto							1,392		

AGREGADO FINO

N° Muestra									
W. Suelo Seco+Molde (g)									
W. Molde (g)									
W. Suelo (g)									
Peso Unitario Compacto (g/cm3)									
Promedio - Peso Unitario Compacto									
N° Muestra									
W. Suelo Seco+Molde (g)									
W. Molde (g)									
W. Suelo (g)									
Peso Unitario Suelto (g/cm3)									
Promedio - Peso Unitario Suelto									

OBSERVACIONES:

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
CIR N° 178438

Ing. Carlos A. Rodríguez Ayquipa
Asesor Técnico CIP 115992
Mec. Suelos, Geotecnia, Asfalto e Hidráulica



ESCOGEN SAC
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES, GEOTECNIA,
AMBIENTAL, ELÉCTRICA E HIDRÁULICA
RUC N° 20600240553

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y
PAVIMENTOS**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS
(NORMA AASHTO T-84, T-85)**

PROYECTO DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PARA ELABORACION DE ADOQUINES CON MATERIAL
RECICLADO DE NEUMATICOS EN LA PROVINCIA DE HUANCAMELICA

INFORME : Lab ago-16

UBICACIÓN ASCENSION-HUANCAMELICA-HUANCAMELICA

FECHA : 22-ago-16
CERTIFICADO N° : C_AG/006

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : N° 1
MATERIAL : Piedra Chancada

AGREGADO GRUESO

	IDENTIFICACIÓN		1	2	3	4	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)		2614.0	2447.0			
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Agua)		1642.0	1539.0			
C	Vol. de Masas + Vol. de Vacios = A-B		972.0	908.0			
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°)		2593.0	2428.0			Promedio
E	Vol. de Masa = C - (A-D)		951.0	889.0			
	Pe Bulk (Base seca) =D/C		2.668	2.674			2.671
	Pe Bulk (Base Saturada) =A/C		2.689	2.695			2.692
	Pe Aparente (Base seca) = D/E		2.727	2.731			2.729
	% Absorción =((A-D) / D) x 100		0.810	0.783			0.796

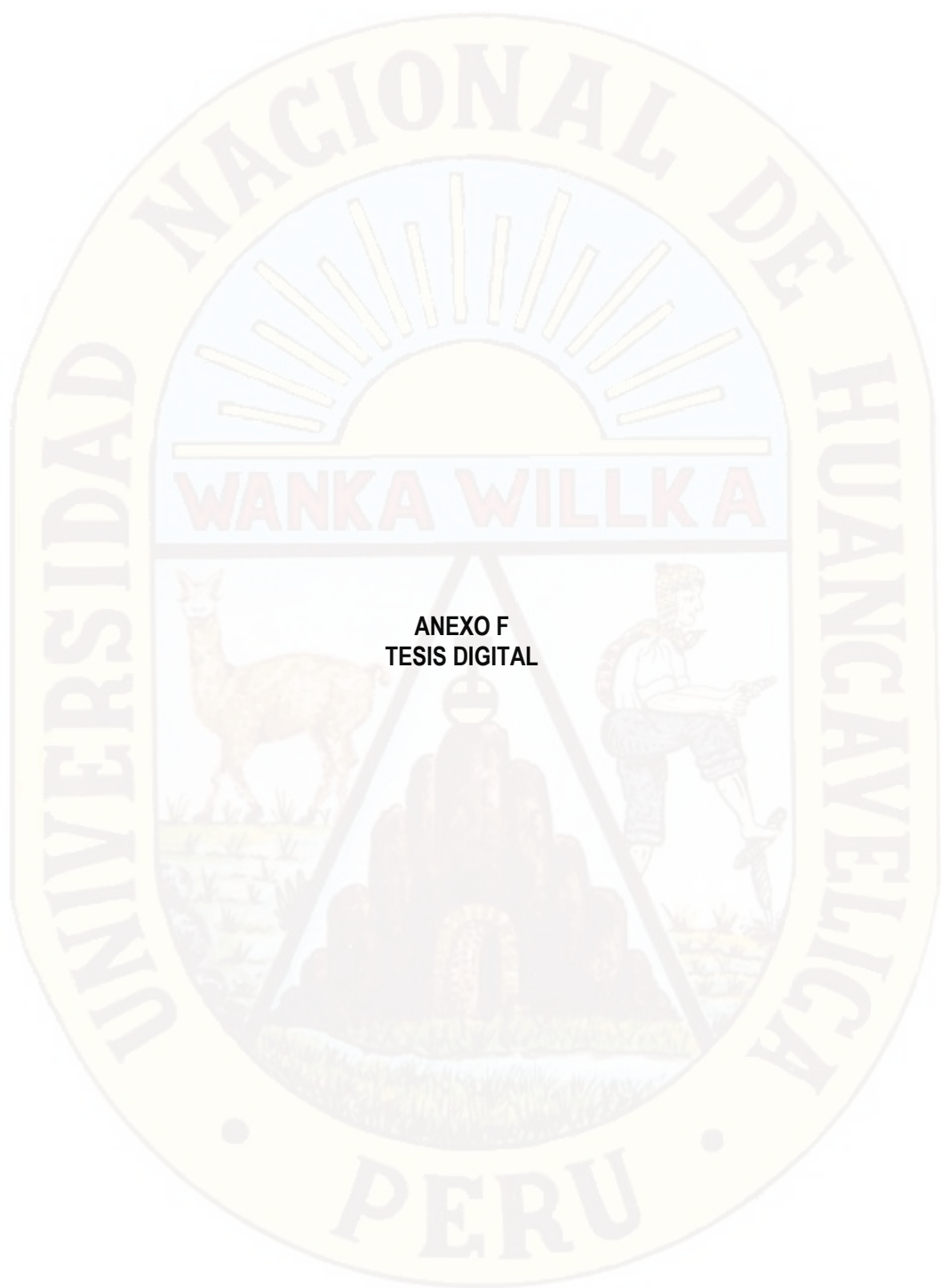
AGREGADO FINO

	IDENTIFICACIÓN		1	2	3	4	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en Aire)						
B	Peso Frasco + H2O						
C	Peso Frasco + H2O + A						
D	peso Mat. + H2O en el Frasco						
E	Vol. Masa + Vol. Vacios = C - D						
F	Peso del Mat. Seco en Estufa (105°)						
G	Vol. de Masa = E - (A-F)						
	Pe Bulk (Base seca) = F/E						
	Pe Bulk (Base Saturada) =A/E						
	Pe Aparente (Base seca) = F/G						
	% Absorción =((A-F) / F) x 100						

OBSERVACIONES:

Ing. Carlos A. Ayquipa
Asesor Técnico
Mec. Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica
C.P. 115992

Angel D. Escobar Ventura
INGENIERO CIVIL
OIR. N° 178438



ANEXO F
TESIS DIGITAL