



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON GCR (GRANO DE CAUCHO RECICLADO) A PARTIR DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CUSCO 2016”

Presentado por La Bachiller:

Fernández Ttito, Diana Teresa

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Víctor Chacón Sánchez

CUSCO – PERÚ
2016



Título : ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA CON GCR (GRANO DE CAUCHO RECICLADO) A PARTIR DE NEUMÁTICOS EN DESUSO, CUSCO 2016.

Autor : - Diana Teresa Fernández Tito

Fecha : 05-10-2016

RESUMEN

La presente tesis analiza el comportamiento físico – mecánico de una Mezcla Asfáltica en caliente modificada con Grano de Caucho Reciclado (GCR) a partir de neumáticos en desuso. Para la realización del estudio mencionado, fue necesario partir de una Mezcla Asfáltica en Caliente Patrón (MACP), con el fin de comparar las propiedades físico – mecánicas de este diseño respecto a las propiedades físico – mecánicas de una Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada (MACM) con GCR (Grano de Caucho Reciclado) a partir de llantas desechadas.

En la mezcla patrón (MACP) y en las mejoradas con caucho (MACM), se utilizaron los mismos materiales pétreos y cemento asfáltico. El punto de partida del estudio fue la caracterización de los materiales constituyentes de la mezcla asfáltica (agregado grueso, dos tipos de agregado fino, cemento asfáltico y GCR), para lo cual se tuvo un exhaustivo control de calidad mediante ensayos estandarizados (“Granulometría de los Agregados” MTC E504, “Abrasión de los Ángeles” ASTM C131, “Índice de Aplanamiento y Alargamiento” MTC E221, “Porcentajes de Caras Fracturadas” MTC E210 y ASTM D5821, “Peso Específico y Absorción” MTC E206 y MTC E205, “Durabilidad al Sulfato de Magnesio” ASTM C88, “Índice de Plasticidad” MTC E111, “Equivalente de Arena y Agregados Finos” MTC E114, “Adherencia a los Ligantes Bituminosos” ASTM D1664 y “Penetración de los Materiales Asfálticos” ASTM D5.

Una vez hecha la corroboración de los resultados de calidad de los componentes según el “Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras” EG – 2013, del Ministerio de Transportes y



Comunicaciones del Perú (MTC), y según los requerimientos normativos “CE. 010 Pavimentos Urbanos” del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (RNE), se procedió a diseñar ambos tipos de Mezcla Asfáltica en Caliente (MACP y MACM).

Para la determinación óptima del ligante, se consideró incrementos porcentuales de asfalto de 0.5%, realizando el Diseño Marshall para siete diferentes porcentajes (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7% respecto al peso total de la mezcla) y una vez determinado el contenido óptimo del ligante, se procedió a buscar el contenido óptimo de GCR (Grano de Caucho Reciclado), en cuatro diferentes porcentajes (0.5%, 1%, 1.5% y 2% respecto al peso total de los agregados).

Es crucial mencionar que se tuvo un exhaustivo control en el proceso de diseño aplicando normativas de carácter nacional (MTC) e internacional (AASHTO, ASTM, NLT) y las propiedades físico – mecánicas de caracterización de ambos tipos de diseño de mezclas (MACP y MACM) fueron analizadas mediante los “Parámetros Volumétricos” (VTM, VMA, VFA y Densidad) bajo normativa ASTM D127, ASTM C128, ASTM D1188 y ASTM D2041, así como el análisis del “Ensayo de Flujo y Estabilidad Marshall” bajo normativa MTC E504 y ASTM D1559, Sensibilidad a la Humedad mediante el Ensayo de “Resistencia de Mezclas Asfálticas Compactadas al Daño inducido por Humedad” bajo normativa MTC E522 y AASHTO T283, así como la determinación indirecta del Módulo Dinámico mediante “Nomogramas según el Método de Shell International Petroleum”; finalmente, el análisis comparativo de Precios Unitarios de Producción de ambos tipo de Diseño de Mezcla Asfáltica en estudio.

La presente tesis, es pues, un gran avance para la Ingeniería de Pavimentos en el Perú, así como para la reducción del impacto ambiental que generan las llantas en desuso. Un gran aporte como proyecto eco – amigable, de rentabilidad considerable y aplicación conveniente en la tecnología del Diseño y Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente.



ABSTRACT

This thesis analyzes the physical – mechanical behavior of a Hot Mix Asphalt Modified with Recycled Rubber Grain (GCR) from disused tires. For the mentioned study, it was necessary to begin with a Hot Mix Asphalt Pattern (MACP), in order to compare the physical – mechanical properties of this design with respect to the physical – mechanical properties of Hot Mix Asphalt Modified (MACM) with GCR (Recycled Rubber Grain) from discarded tires.

In the standard mixture (MACP) and in the improved mixture with rubber (MACM), the same stone material and asphalt cement were used. The starting point of the study was the characterization of the constituent materials of the asphalt mix (coarse aggregate, two types of fine aggregate, asphalt cement and GCR), for which there was an extensive a comprehensive quality control through standardized tests (“Particle size of the Aggregate” MTC E504, “Abrasion Angels” ASTM C131, “Flattening and Elongation Index” MTC E221, “Percentage of Fractured Faces” MTC E210 and ASTM D5821, “Specific Weight and Absorption” MTC E206 and MTC E205, “Durability to Magnesium Sulfate” ASTM C88, “Plasticity Index” MTC E111, “Equivalent of sand and fine Aggregates” MTC E114, “Adherence to Bituminous binders” ASTM D1664 and “Penetration of Asphalt Materials” ASTM D5. Once the corroboration of the results of quality components has been made according to the Manual of General Technical Specifications for Construction of Roads EG - 2013, the Ministry of Transport and Communications of Peru (MTC), and according to regulatory Requirements CE. 010 Urban Pavements of the National Building Regulations of Peru (RNE), proceeded to design two types of Hot Mix Asphalt (MACP and MACM).

For optimal determination of the binder, percentage increases Asphalt of 0.5% were considered, making the Marshall Design for seven different percentages (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7%). Once was the optimum content of the



binder determined, proceeded to find the optimum content of GCR (Grain Recycled Rubber), in four different percentages (0.5%, 1%, 1.5% and 2%).

It is crucial to mention that a thorough control took place on the design process by applying regulations national (MTC) and international (AASHTO, ASTM, NLT) regulations and the characteristic physical – mechanical properties of both types of mix designs (MACP and MACM) were analyzed by the “Volumetric Parameters” (VTM, VMA, VFA and density) under regulations ASTM D127, ASTM C128, ASTM D1188 y ASTM D2041, “Flow and Marshall Stability” under regulations MTC E504 y ASTM D1664, Sensitivity to moisture by “Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture – Induced Damage Test” under regulations MTC E522 y AASHTO T283, and Indirect Determination of the Dynamic Modules by “Shell International Petroleum Nomograms”; finally, the comparative analysis of unit prices of both type Production Design Mix Asphalt study.

This thesis is therefore a breakthrough for Pavement Engineering in Peru, as well as reducing the environmental impact generated by waste tires. A great contribution as an eco-friendly project, considerable of profitability and convenient application in the technology of the design and production of Asphalt Mixtures.