

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS MEDIANTE  
LA DETERMINACIÓN DE CORRELACIONES ENTRE  
EL MÓDULO DE ROTURA A LA FLEXIÓN Y LA  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CENTRO  
POBLADO SAN CRISTÓBAL DE CHUPÁN – HUARAZ**

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

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ROBLES SÁENZ RANDOLP JULIÁN**

**Bach. SANCHEZ MEDINA, JUAN CARLOS**

**ASESOR: Mg. GUILLERMO LAZO LÁZARO**

**LIMA – PERÚ**

**AÑO: 2015**

### **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a mis padres, que desde mi niñez me brindaron la estabilidad, el impulso y la enseñanza necesarios para hacer frente a la vida.

Robles Sáenz, Randolp Julián.

### **Dedicatoria**

A Dios y a la Virgen María, por darme la oportunidad de vivir e iluminar mi camino en cada paso que doy.

A mis padres por apoyarme en todo momento, les debo todo por creer en mí y darme una profesión.

A mi novia, por alentarme y estar presente en los momentos más difíciles.

Sanchez Medina, Juan Carlos.

## **Agradecimientos**

A nuestro asesor, por promover la investigación y estimularnos a superarnos profesionalmente.

A nuestra querida Universidad y a los maestros que dejaron huella para nuestro crecimiento profesional.

A aquellos familiares y amigos incondicionales que estuvieron siempre presente.

# INDICE

RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCION.....	1
<b>1.    CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1    Descripción de la Realidad Problemática.....	2
1.2    Formulación del Problema.....	4
1.2.1  Problema principal.....	5
1.2.2  Problemas secundarios.....	5
1.3    Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1  Objetivo principal.....	5
1.3.2  Objetivos secundarios.....	6
1.4    Justificación de la Investigación.....	6
1.5    Limitaciones de la Investigación.....	7
1.6    Viabilidad de la Investigación.....	8
<b>2.    CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1    Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1  Datos generales del proyecto.....	9
2.1.2  Características del de proyecto: Obra por impuestos.....	9
2.1.3  Ubicación del proyecto.....	11
2.1.4  Accesibilidad.....	11
2.1.5  Marco Social.....	12
2.1.6  Alcance.....	12
2.1.7  Objetivo.....	12
2.1.8  Justificación.....	13
2.1.9  Beneficios.....	13
2.1.10  Orografía.....	13
2.1.11  Geomorfología.....	14
2.1.12  Clima.....	14
2.1.13  Zonificación y sismicidad.....	15
2.1.14  Tipo de Suelo.....	15
2.1.15  Aspectos Técnicos.....	16
2.2    Bases Teóricas.....	17
2.2.1  Definiciones Conceptuales Fundamentales.....	17
2.2.1.1  Definición de Pavimentos.....	17

2.2.1.2	Características de un pavimento .....	17
2.2.1.3	Clasificación de pavimentos .....	18
2.2.1.4	Factores que intervienen en el diseño de pavimentos .....	22
2.2.1.5	Importancia del estudio de suelos para pavimentos .....	24
2.2.2	Definiciones Conceptuales Específicas .....	27
2.2.2.1	Definición de pavimentos rígidos .....	27
2.2.2.2	Tipos de pavimentos de rígidos .....	30
2.2.2.3	Diseño de un Pavimento Rígido .....	34
2.2.3	Formulación de Hipótesis .....	51
2.2.3.1	Hipótesis principal .....	51
2.2.3.2	Hipótesis secundarias .....	51
2.2.3.3	Identificación de Variables .....	51
2.2.3.4	Definición conceptual de las variables .....	52
2.2.3.5	Operacionalización de las Variables .....	59
3.	<b>CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	60
3.1	Diseño de la Investigación .....	60
3.1.1	Tipo y nivel de la investigación .....	60
3.1.2	Método de la investigación .....	60
3.1.3	Desarrollo de la investigación .....	60
3.1.3.1	Diseño y ejecución de ensayos .....	61
3.1.3.2	Resultados de Ensayos Realizados .....	75
3.2	Población y Muestra .....	76
3.3	Técnicas de Recolección de Datos .....	76
4.	<b>CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	79
4.1	Análisis e Interpretación de los Resultados .....	79
4.2	Resultados de la Investigación .....	80
4.2.1	Resultado de ensayos a los 07 días .....	80
4.2.1.1	Resultado de ensayos: Resistencia a la compresión a los 07 días .....	80
4.2.1.2	Resultado de ensayos: Módulo de Rotura a la flexión a los 07 días .....	81
4.2.1.3	Resumen de ensayos a los 07 días .....	82
4.2.2	Resultado de ensayos a los 28 días .....	83
4.2.2.1	Resultado de ensayos: Resistencia a la compresión a los 28 días .....	83
4.2.2.2	Resultado de ensayos: Módulo de Rotura a la flexión a los 28 días .....	84
4.2.2.3	Resumen de ensayos a los 28 días .....	85
4.3	Contrastación de Resultados .....	86

4.3.1	Contrastación de resultados a los 07 días .....	86
4.3.2	Contrastación de resultados a los 28 días .....	87
4.3.3	Correlaciones entre el módulo de Rotura y la Resistencia a la compresión a los 07 días .....	88
4.3.4	Correlaciones entre el módulo de Rotura y la Resistencia a la compresión a los 28 días .....	89
4.4	Discusión de los Resultados .....	90
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	91
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	92
	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN</b> .....	93
	<b>ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA</b> .....	95
	<b>ANEXO 02: ENSAYOS DE DISEÑO DE MEZCLA</b> .....	96
	<b>ANEXO 03: ENSAYOS DE MEJORAMIENTO</b> .....	109
	<b>ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO</b> .....	118
	<b>ANEXO 05: FICHA TÉCNICA DE LOS ADITIVOS</b> .....	144
	<b>ANEXO 06: PLANO GENERAL</b> .....	149

## Lista de tablas

Tabla 01: Clasificación de perfiles de suelo	16
Tabla 02: Factores que intervienen en el diseño de pavimentos	23
Tabla 03: Criterios para la ejecución de Perforaciones en el terreno	26
Tabla 04: Número de Repeticiones de ejes equivalentes	34
Tabla 05: Modulo Efectivo de Reacción	34
Tabla 06: Niveles de Confiabilidad	35
Tabla 07: Niveles de Confiabilidad y Desviación Estándar	35
Tabla 08: Desviación Estándar Total	36
Tabla 09: Variación del índice de servicialidad	36
Tabla 10: Exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad	37
Tabla 11: Valores del coeficiente de transmisión de cargas	38
Tabla 12: Módulo de elasticidad por Tipo de agregado	40
Tabla 13: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante	49
Tabla 14: Aditivo y efecto deseado	55
Tabla 15: Operacionalización de las Variables	59
Tabla 16: Valores de Diseño de mezcla del concreto	67
Tabla 17: Cantidad de Materiales por m <sup>3</sup>	67
Tabla 18: Corrección por Humedad	67
Tabla 19: Cantidad corregida de Materiales por m <sup>3</sup>	68
Tabla 20: Resultados: Resistencia a la compresión a los 07 días	80
Tabla 21: Resultados: Módulo de Rotura a la flexión a los 07 días	81
Tabla 22: Resumen Resistencia a la compresión a 07 días	82
Tabla 23: Resumen Módulo de Rotura a 07 días	82

Tabla 24: Resultados: Resistencia a la compresión a los 28 días	83
Tabla 25: Resultados: Módulo de Rotura a la flexión a los 28 días	84
Tabla 26: Resumen Resistencia a la compresión a 28 días	85
Tabla 27: Resumen Resistencia a la compresión a 28 días	85
Tabla 28: Contrastación de resultados a los 07 días	86
Tabla 29: Contrastación de resultados a los 28 días	87



## Lista de Figuras

Figura 01: Empresa que aplican obras por Impuestos 2009 – 2014	10
Figura 02: Mapa de ubicación	11
Figura 03: Mapa de zonas sísmicas en el Perú	15
Figura 04: Transmisión de carga en un Pavimento Rígido	28
Figura 05: Pavimento Rígido simple sin pasadores	30
Figura 06: Pavimento Rígido Simple Con Pasadores	31
Figura 07: Pavimento de concreto reforzado con juntas	33
Figura 08: Pavimentos de concreto con refuerzo Continuo	34
Figura 09: Diseño del Espesor de Pavimento Rígido	42
Figura 10: Centro poblado San Cristóbal de Chupán	44
Figura 11: Jr. Central del Centro poblado San Cristóbal de Chupán	44
Figura 12: Jr. Bolívar del Centro poblado San Cristóbal de Chupán	45
Figura 13: Jr. Independencia del Centro poblado San Cristóbal de Chupán	46
Figura 14: Rediseño del Espesor de Pavimento Rígido	48
Figura 15: Mejoramiento de la Base Granular	49
Figura 16: Tamices y bandejas	62
Figura 17: Peso Unitario de los agregados	63
Figura 18: Compactación del agregado fino	64
Figura 19: Herramientas de laboratorio	65
Figura 20: Máquina los Ángeles	66
Figura 21: Selección del Agregado Grueso y Fino	69
Figura 22: Toma de datos de los pesos de los materiales	69
Figura 23: Colocación de los materiales en la Mezcladora	70

Figura 24: Mezclado del concreto	70
Figura 25: Determinación del Slump	71
Figura 26: Colocación del concreto en los moldes de vigas	71
Figura 27: Probetas cilíndricas y vigas de concreto	72
Figura 28: Curado de las probetas y las vigas	72
Figura 29: Probetas cilíndricas en estado de falla (Rotura)	74
Figura 30: Máquina Universal Ensayo a Flexión	74
Figura 31: Vigas en estado de falla (Rotura)	75
Figura 32: Correlaciones entre $M_r$ y $R_c$ a los 07 días	88
Figura 33: Correlaciones entre $M_r$ y $R_c$ a los 28 días	89

## RESUMEN

La resistencia a flexión y la resistencia a la compresión representan parámetros fundamentales en el correcto desarrollo de los pavimentos rígidos, porque definen la calidad del concreto, principal componente de los pavimentos rígidos, después de cumplir satisfactoriamente su ciclo de fraguado y curado. En nuestro enfoque cuantitativo, el problema principal radica en intentar efectuar ensayos de rotura a la flexión en zonas alejadas, como en el centro poblado San Cristóbal de Chupán, reconociendo que sólo es posible realizarlo en pocos laboratorios a nivel nacional. Por esta razón se determinó, en base a ensayos realizados en laboratorio, un factor de correlación que vincula el Módulo de Rotura a la flexión y la Resistencia a la Compresión, siendo el resultado experimental el factor (k) expresado por la ecuación  $M_r = (k) \cdot \sqrt{f_c}$ , que identifica rápidamente resultados del Módulo de Rotura a la flexión, aplicable a proyectos de condiciones similares, ante las altas exigencias del control de calidad en los proyectos de construcción.

**PALABRAS CLAVE:** módulo de rotura a la flexión, resistencia a la compresión, concreto, factor de correlación.

## ABSTRACT

The flexural strength and the compressive strength are fundamental parameters in the correct development of rigid pavements, because they define the quality of concrete, principal component of rigid pavements, after performing successfully their setting and curing cycle. In our quantitative approach, the principal problem has roots in realizing flexural strength tests in remote rural areas such as San Cristobal de Chupán populated, recognizing could only do it in a few laboratories nationwide. Therefore written, it is determined a correlation factor, based on laboratory tests, what can relating Flexural strength and compressive strength. The experimental result express a factor (k), what is on the equation  $M_r = (k) \cdot \sqrt{f'_c}$ , which quickly identifies results of Flexural Strength, applicable to projects of similar conditions, to the demands of quality control in construction projects.

**KEY WORDS:** flexural strength, compressive strength, concrete, correlation factor.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación sobre la Determinación de correlaciones entre la Resistencia a la compresión y el Módulo de Rotura a la flexión mediante un factor de diseño sustentado (k), se ha realizado para brindar una alternativa al diseño, mejorar el control de calidad y, además, reducir el costo de construcción de pavimentos rígidos con características similares.

El informe está estructurado en cuatro capítulos: el primero, contiene el planteamiento del problema, los objetivos, los alcances, las limitaciones y la justificación del estudio. El segundo capítulo abarca el marco teórico, las definiciones conceptuales, las hipótesis de la tesis y la definición de variables.

En el tercer capítulo se expone la metodología de trabajo, el reconocimiento de la población y muestra, así como, las técnicas de procesamiento de datos.

El cuarto capítulo está conformado por la ejecución de ensayos sobre las muestras y el análisis estadístico de los resultados de los mismos, que conllevan a definir la ecuación de correlación entre las variables en estudio.

Las conclusiones y recomendaciones de la investigación son escritas en la parte final del informe. La bibliografía y anexos, agregan resultados adicionales de ensayos de los materiales, también, el panel fotográfico que muestra la elaboración, control y ensayos de las muestras utilizadas para nuestro propósito.

Los trabajos de laboratorio tuvieron lugar en el proyecto “Mejoramiento de Pistas y Veredas en la Zona Urbana del Centro Poblado de San Cristóbal de Chupán” en el distrito de Huari, provincia de Huaraz; así como en el Laboratorio N° 01 Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

# **1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción de la Realidad Problemática**

El pavimento es una estructura constituida por materiales, colocados en capas sobre un terreno natural o relleno nivelado, con el propósito de aumentar la resistencia de carga y brindar serviciabilidad de circulación a personas y/o vehículos.

Los pavimentos conectados entre sí, son caminos, son vías de comunicación entre poblados que generan desarrollo social y económico llegando a unir hasta los lugares más alejados.

En la historia del hombre, desde hace cientos de años, la humanidad ha buscado relacionarse e intercambiar culturas, la construcción de caminos fue uno de los primeros signos de una civilización desarrollada. A medida que poblados crecían como centros demográficos, políticos, económicos y culturales demandaron sólidas y fluidas redes de vínculo con otras regiones, factores decisivos para el progreso de la ingeniería y para impulsar la construcción de vías que uniesen puntos distantes del mundo.

Los romanos fueron célebres por edificar, a partir del año 312 a.C., una amplia red de caminos que les permitió gobernar su inmenso imperio partiendo desde Roma como punto central.

En un principio, el sistema vial romano fue diseñado con fines militares y políticos, el principal objetivo era mantener un control efectivo de las zonas incorporadas al Imperio; posteriormente, las calzadas adquirieron una importancia económica añadida, ya que al unir distintas regiones

facilitaban el comercio y las comunicaciones, que es la función predominante de las carreteras actuales.

La calzada romana, el primer pavimento de la historia, estaba integrada por capas en un orden decreciente de profundidad: Un cimientado de piedras planas o statumen, una capa formada por ripios y detritus de cantera, llamada rudus, una capa intermedia de concreto a base de piedra machacada y cal grasa, llamada nucleus. La capa de terminación estaba formada por un enlosado de piedra sellado con mortero de cal, denominada summum dorsum. El término latino para esta cubierta era pavimentum, que hoy se conoce como pavimento. [1]

Dentro de los pavimentos y sus tipologías, existen los pavimentos de clase rígida, que tienen al concreto como material predominante y son utilizados preferentemente en zonas urbanas por su extenso ciclo de vida y el bajo costo de mantenimiento.

Considerando su importancia dentro de la sociedad, se busca optimizar cada vez más el diseño de los pavimentos rígidos a través del estudio de sus componentes y características. Entre las principales características de los pavimentos rígidos tenemos el Módulo de rotura a la flexión, que es el valor del esfuerzo máximo de resistencia a la flexión, y la resistencia a la compresión, el valor de la resistencia máxima a una carga estática.

En la última década se han realizado investigaciones para encontrar relaciones entre los componentes de diseño de los pavimentos rígidos como lo es la correlación entre el módulo de rotura a la flexión y la

resistencia a la compresión. La dificultad para definir las características de los pavimentos rígidos tiene lugar en la accidentada geografía y geología nacional, la diversidad de materiales agregados, las distancias extensas entre ciudades con distintos niveles de desarrollo en nuestro país, donde pocos laboratorios realizan ensayos normados para pavimentos rígidos, y las altas exigencias de control de calidad de los proyectos de ingeniería que lo requieren.

Por lo anterior mencionado, dentro del estudio de pavimentos rígidos se desconocen con exactitud parámetros de diseño y de control que aseguren la calidad y servicialidad de los mismos.

*[1] Fuente: Diario Norte, (2012). Caminos a través de la historia.*

## **1.2 Formulación del Problema**

La materialización del diseño de un pavimento rígido debe cumplir con soportar diversas intensidades de carga, tráfico y garantizar la vida útil de la estructura. Podemos decir que, se orienta a una optimización total de un conjunto de características estructurales y funcionales, en continua búsqueda de la disminución de los costos de construcción.

Como parte de las investigaciones que anhelan lograr lo propuesto anteriormente, se justifica el estudio de las variables Módulo de Rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión, ambas incluidas en la operación matemática que interviene en el diseño de los pavimentos rígidos. Determinar la correlación más adecuada entre el módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del centro poblado San Cristóbal de Chupán logrará generar



mayor confianza en el diseño con un ahorro económico y de tiempo en la construcción de los mismos, así como la aplicación de los resultados tanto al proyecto inicial como a proyectos similares. Los resultados estarán soportados por ensayos de laboratorios normados, la aplicación estadística, la experiencia laboral y las buenas prácticas en la construcción de los pavimentos rígidos.

### **1.2.1 Problema principal**

¿Es posible determinar correlaciones entre el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán para optimizar el diseño de pavimentos rígidos similares?

### **1.2.2 Problemas secundarios**

¿Cuáles son las características geotécnicas de los materiales que intervienen en el diseño de mezcla del concreto de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán?

¿Cómo conocer las características de resistencia de los pavimentos rígidos Centro Poblado San Cristóbal de Chupán?

¿Cuál es la ecuación matemática que expresa la correlación entre el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo principal**

Determinar correlaciones entre el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro

Poblado San Cristóbal de Chupán para optimizar futuros diseños y el control de calidad en pavimentos rígidos similares.

### **1.3.2 Objetivos secundarios**

Definir las características geotécnicas de los materiales para elaborar el diseño de mezcla del concreto de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán.

Realizar ensayos normados de laboratorio para conocer las características de resistencia de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán, sea el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión.

Definir la ecuación matemática, que correlacione el Módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán, para ser aplicada en proyectos de similares características.

### **1.4 Justificación de la Investigación**

Los pavimentos rígidos son el resultado de la mezcla y combinación, en dosificación adecuada, de cemento, agregados y agua; son estructuras de carácter vial que tienen a la serviciabilidad como razón de existencia. Por su estructura, mayor durabilidad y bajo costo de mantenimiento son preferidos por los especialistas; además presentan características significativas de resistencia, homogeneidad e impermeabilidad.

Para la sociedad, la importancia de un pavimento correctamente diseñado y construido cobra consistencia en las implicaciones que éstos tienen en términos de seguridad, seguridad vial, confort, economía,

rapidez y servicio para la comunicación, así como la mencionada capacidad de conexión, generando oportunidad socio económicas para el país.

El desarrollo experimentado en temas de pavimentos rígidos en los últimos años, hace necesaria la optimización en la aplicación de los métodos de diseño y su construcción, teniendo por demanda un sin fin de obras a nivel nacional a diferentes niveles de dificultad que lo requiere.

Aceptando la importancia social y de investigación mencionadas, impera la necesidad de la continuación de estudios exhaustivos, tanto en el diseño como en la construcción de los pavimentos rígidos. En esta investigación presentamos una alternativa para mejorar el diseño y garantizar las buenas prácticas en la construcción que aseguren la prolongación de la vida útil de los pavimentos rígidos.

### **1.5 Limitaciones de la Investigación**

A pesar de la importancia de los pavimentos rígidos y evaluación de sus características de resistencia son escasos los laboratorios de concreto y pavimentos dedicados a obtener este tipo de información, la dificultad se agudiza con las distancias entre los laboratorios y los diversos proyectos en zonas alejadas.

Existen investigaciones realizadas por profesionales afines a la materia, sin embargo, nuestro país no cuenta con una Guía especializada en el diseño de pavimentos rígidos donde se analicen materiales locales o determinen relaciones para diferentes tipos de pavimentos rígidos; es

por esto que, por lo limitado del recurso bibliográfico, se recurre a informaciones basadas en las Especificaciones AASHTO 1993, ACI, investigaciones profesionales y publicaciones oficiales.

## **1.6 Viabilidad de la Investigación**

Desde hace más de diez años, la demanda de proyectos de ingeniería, entre ellos la construcción de pavimentos, ha presentado un crecimiento constante. Por las limitaciones explicadas y la importancia de la investigación, profesionales relacionados a la especialidad han efectuado estudios a diferentes mezclas de concreto con el fin de encontrar relaciones sus propiedades.

Determinar un rango más conservador frente a los publicados por entidades normadas o internacionales agilizará el diseño de espesores de pavimentos rígidos significando un ahorro en aspectos de tiempo y costo, además, tendrá los mismos efectos en el proceso de construcción de los mismos.

## 2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1 Datos generales del proyecto

Proyecto	: Mejoramiento de Pistas y Veredas en la Zona Urbana del Centro Poblado de San Cristóbal de Chupán
Localidad	: C. P. San Cristóbal de Chupán
Distrito	: Huachis
Provincia	: Huari
Departamento	: Ancash
Coordenadas UTM	: 274319 E 8962858 N
Sponsor	: Compañía Minera Antamina

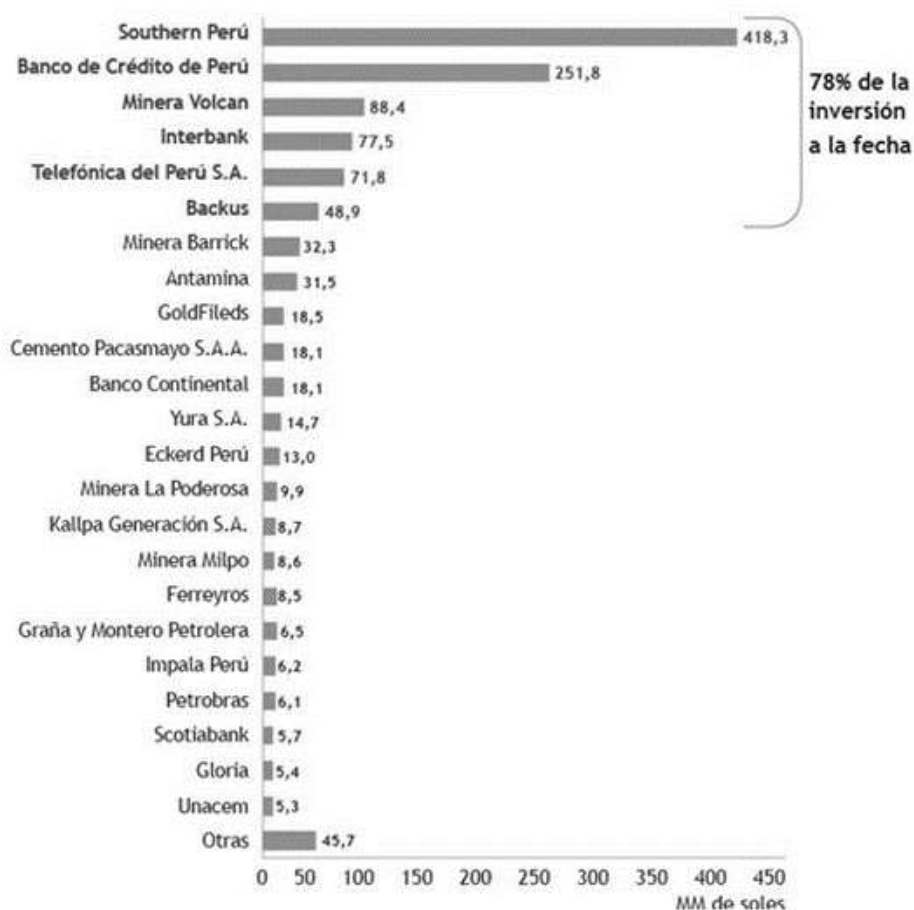
#### 2.1.2 Características del de proyecto: Obra por impuestos

Las obras por impuestos son la realización o mantenimiento de algún proyecto de infraestructura pública en canje del impuesto general a la renta que debe pagar en el siguiente año una entidad; puede ser hasta un 50% del impuesto a través de la conformidad y certificación que otorga el Ministerio de Economía y Finanzas del Perú por el monto exacto de su inversión una vez culminado el proyecto.

Las empresas que utilizan esta forma de inversión logran reconocimientos y mejoran su imagen pública, siendo mayor el efecto cuando el proyecto tiene como zona de influencia poblados carentes de necesidades primarias. Ver Figura 01.

En el Perú, La Sociedad de Comercio Exterior identifica para este año 2015 proyectos en espera por la modalidad “obras por impuestos” en el sector saneamiento por 707 millones de nuevos soles y 965 millones nuevos soles en el sector transporte urbano.

**Figura 01: Empresa que aplican Obras por Impuestos 2009 - 2014**



*Fuente: ESAN - Marco Chávez González, (2014). Obras por impuestos 2014.*

Queremos enfocarnos en el texto anterior citado, puesto que el proyecto Mejoramiento de Pistas y Veredas en la Zona Urbana del Centro Poblado de San Cristóbal de Chupán está incluido como un proyecto de transporte y saneamiento, impulsado y financiado por la Compañía Minera Antamina SA.

### 2.1.3 Ubicación del proyecto

El proyecto Mejoramiento de Pistas y Veredas en la Zona Urbana del Centro Poblado de San Cristóbal de Chupán, está ubicado en el centro poblado de San Cristóbal de Chupán, distrito de Huachis, provincia de Huarí, región Ancash.

El centro poblado San Cristóbal de Chupán está ubicado sobre una ladera de montaña a dos horas en auto desde el distrito de San Marcos y a cuatro desde la ciudad de Huaraz. Ver Figura 02.

El área del proyecto está conformada por vías y senderos que interconectan de manera peatonal a la gran mayoría de la zona urbana, que actualmente sirven a peatones, animales de carga, animales de crianza y en algunos casos para el recorrido vehicular.

**Figura 02: Mapa de ubicación**



*Fuente: Google Earth 2015.*

### 2.1.4 Accesibilidad

El centro poblado es accesible mediante la ruta nacional 3N, tramo Lima - Huaraz, seguido de la ruta departamental 14A, tramo Huaraz - Chavín de Huántar - San Marcos – Huántar, y culminando

el recorrido con el camino desde el desvío Rahuapampa hasta el centro poblado San Cristóbal de Chupán; siendo la vía asfaltada desde Lima hasta el Desvío Rahuapampa, el resto del camino es afirmado y trocha carrozable.

#### **2.1.5 Marco Social**

San Cristóbal de Chupán es el poblado más grande del distrito de Huachis, Huari, Ancash, fue fundado por españoles en el año 1594 y se caracteriza por tener historia desde el periodo pre incaico. Se ubica dentro del valle del río Puchca y a 3400 metros sobre el nivel del mar.

El distrito de Huachis es uno de los dieciséis que integran la provincia peruana de Huari ubicada en el Departamento de Ancash, bajo la administración del Gobierno regional de Ancash en el Perú.

#### **2.1.6 Alcance**

Diseñar y construir pavimentos rígidos considerando los parámetros necesarios de acuerdo a las condiciones estructurales, urbanas y climatológicas dentro del centro poblado de San Cristóbal de Chupán.

#### **2.1.7 Objetivo**

El objetivo del Proyecto es brindar las condiciones adecuadas de tránsito vehicular y peatonal dentro del centro poblado Cristóbal de Chupán.



### **2.1.8 Justificación**

Refiere a la construcción de los pavimentos rígidos bajo el control de calidad adecuado para mejorar de calidad de vida de los pobladores, además, garantizar que las estructuras prolonguen su vida útil asegurando buenas condiciones de tránsito vehicular y/o peatonal dentro de la zona urbana del centro poblado de San Cristóbal de Chupán.

### **2.1.9 Beneficios**

Los beneficiarios directos son las familias que habitan en el centro poblado de San Cristóbal de Chupán; quienes se encuentran en contacto directo con las vías a mejorar, un total de 700 habitantes en promedio. Los beneficiarios indirectos son todos los usuarios de la vía, se puede considerar a los pobladores de los poblados aledaños de Quecas, Armanan, Capillapampa, Canchas, Jauyac y Quitaquero quienes transitan por estas vías de una a tres veces semanales y que se verán favorecidos por el ahorro de costo y tiempo de traslado.

### **2.1.10 Orografía**

Desde el punto de vista orográfico, la investigación se lleva a cabo en la sierra de Perú o región andina sobre los 3400 m.s.n.m., también identificada como región quechua dentro de los 08 pisos altitudinales nacionales por estar situada entre los 2300 y 3500 msnm de altitud.

### **2.1.11 Geomorfología**

La sierra del Perú, lugar donde se sitúa el proyecto, está conformada por las altitudes del macizo andino es un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas.

La sierra se divide en sectores de montañas denominados Andes del norte, del centro y del sur. Los Andes del centro, lugar de estudio, son los más altos y empinados lo que hace de ellos un lugar de difícil acceso. Se caracterizan por tener una gran diversidad de unidades geomorfológicas, siendo los más importantes: las cordilleras, las montañas, las altiplanicies, los pasos o abras, los cañones y los valles interandinos.

El centro poblado San Cristóbal de Chupán está ubicado en el valle interandino del río Puchca, entre cordilleras lo que favorece su desarrollo en producción agropecuaria y crianza de animales.

### **2.1.12 Clima**

La presencia de la cordillera andina, una de las más altas del mundo, la circulación anticiclónica del Océano Pacífico sur, la Corriente Peruana de aguas templadas y la Corriente del Niño de aguas cálidas en el norte, han dado origen a una variedad climática que va desde el tropical, cálido y húmedo de la costa norte en Tumbes y en la Amazonia, hasta el clima glaciar frío y seco de las punas y altas cordilleras, el clima árido de la costa central en los pisos bajos de la vertiente occidental, y el templado de alturas en los pisos intermedios y valles interandinos. Hay que destacar también las diferencias en la aridez del litoral norteño, central y austral.

El proyecto se ubica a una altitud promedio de 3400 msnm, el clima de la zona es templado, soleado seco durante el día y frío durante la noche, con temperaturas anuales de 8 a 17°C. San Cristóbal de Chupán presenta precipitaciones de mayor intensidad entre diciembre a marzo. La temporada seca se da entre los meses de abril y noviembre.

### 2.1.13 Zonificación y sismicidad

La zona de estudio, dentro del mapa de sismicidad del Perú en la norma E 030, se encuentra ubicada en la zona de sismicidad media denominada Zona 03. Para la zona 03 corresponde la aceleración sísmica “Z” igual a 0.35 m/s<sup>2</sup>. Ver Figura 03.

**Figura 03: Mapa de zonas sísmicas en el Perú**



*Fuente: Norma E030 2014, Diseño Sismo resistente Nacional.*

### 2.1.14 Tipo de Suelo

Presenta, en general, un perfil de suelo tipo S2: Suelos intermedios. Se clasifican como de este tipo los sitios con características

intermedias entre las indicadas para los perfiles S1, suelo rocoso, y S3, suelo flexible. Ver Tabla 01.

Le corresponde rocas con diferentes grados de fracturación de macizos homogéneos y suelos muy rígidos.

**Tabla 01: Clasificación de perfiles de suelo**

Perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}_{60}$	$\bar{s}_u$
S <sub>0</sub>	> 1500 m/s	-	-
S <sub>1</sub>	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S <sub>2</sub>	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S <sub>3</sub>	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S <sub>4</sub>	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: Norma E030 2014, Diseño Sismo resistente Nacional.

### 2.1.15 Aspectos Técnicos

#### A. Materiales

Se considera trabajar con materiales propios de la zona, la Cantera Huachis brindará los agregados para la elaboración del concreto. La calidad de los materiales está verificada por ensayos normados efectuados en el laboratorio.

Los parámetros y valores, utilizados para determinar el espesor del pavimento rígido, fueron tomados del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010 para Pavimentos Urbanos y la norma AASHTO 93 para diseño de pavimentos.

#### B. Concepción del proyecto

Se tuvieron en cuenta las consideraciones de verificación de accesos, caracterización del suelo, caracterización de los materiales, verificación de la conformación de los anchos de calles y visitas a poblados cercanos que cuenten con una pavimentación reciente.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Definiciones Conceptuales Fundamentales**

#### **2.2.1.1 Definición de Pavimentos**

Un pavimento es una estructura que está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras y han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento.

#### **2.2.1.2 Características de un pavimento**

Un pavimento debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial.
- Ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.

- Presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Ser durable y económico.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- Debe minimizar al máximo el ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, ofreciendo una adecuada seguridad al tránsito.

### **2.2.1.3 Clasificación de pavimentos**

#### **A. Clasificación por transferencia de carga**

En nuestro medio, los pavimentos se clasifican en: Pavimentos flexibles, Pavimentos Semi rígidos o Semi flexibles, Pavimentos Rígidos, Pavimentos Articulado y Afirmado.

- **Pavimentos Flexibles**

Este tipo de pavimentos están formados por una capa de rodadura asfáltica apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub base, no obstante puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada proyecto.

Dependiendo del espesor de la capa de rodadura se clasifican en:

- Tratamientos Superficiales Monocapas y bicapas.
- Lechadas asfálticas o slurries.
- Cape seals.
- Micropavimentos.

- **Pavimentos Semi rígidos**

Este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

- **Pavimentos Rígidos**

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina sub base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub rasante.

La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia del concreto, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. Los pavimentos rígidos se pueden clasificar en:

- Simple o Monolítico.
- Simple con pasadores o barras de transferencia (dowels).
- Con refuerzo discontinuo distribuido sin función estructural.
- Con refuerzo continuo sin función estructural.
- Con refuerzo estructural.
- Pre esforzado.

- **Pavimentos articulados**

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento.

- **Afirmado**

Capa compactada de material granular natural o procesado con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las



partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

## **B. Clasificación por su proceso constructivo**

- **Reciclado de Pavimentos Asfálticos**

En todos los siguientes casos de reciclado, la estructura resultante del trabajo de reciclaje, podrá emplearse como capa de rodadura o base.

**a) Reciclado Superficial:** Consiste en el retratamiento de la superficie del pavimento en bajos espesores, generalmente no superiores a los 2.5 centímetros, en casos en que los deterioros del pavimento no sean atribuibles a deficiencias estructurales. Se incluye todo procedimiento en que la superficie es fresada, cepillada o escarificada, triturada y adicionada o no de un agente de reciclaje, con o sin la incorporación de pequeños porcentajes de materiales vírgenes, reacondicionada y recompactada.

El proceso puede adelantarse en caliente o en frío y en este último caso el agente de reciclaje, si se requiere, se aplica en forma de emulsión.

**b) Reciclado en el lugar (in situ):** Conocido también como reciclaje en frío, consiste en rehabilitar el pavimento hasta una profundidad mayor de 2.5 cm, involucrando o no el material de base. Para ello, el espesor es escarificado y el material trozado resultante es triturado hasta un tamaño adecuado y luego, mezclado con un agente de reciclaje y eventualmente con cierto

porcentaje de agregado nuevo. Como su nombre lo indica, el proceso se realiza generalmente en frío y los aditivos más utilizados son emulsiones asfálticas, cemento portland, cal y mezclas cal y cenizas volantes.

- c) **Reciclado en Planta:** Denominado también como reciclaje en caliente, consiste en escarificar el espesor deseado del pavimento existente y transportar el material trozado a una planta en la que es triturado y clasificado por su granulometría. El material también puede obtenerse del pavimento por medio de un fresado en frío. Posteriormente se agregan los materiales nuevos que comúnmente se incluyen un agente de reciclaje y agregado pétreo virgen, así como asfalto nuevo. La nueva mezcla en caliente se lleva al sitio de origen o al que se haya elegido para su colocación, donde se distribuye y compacta mediante métodos y equipos convencionales.

#### **2.2.1.4 Factores que intervienen en el diseño de pavimentos**

Los factores de diseño pueden ser divididos en cuatro categorías: tráfico y carga, medio ambiente, materiales y criterios de falla.

Ver Tabla 02.

**Tabla 02: Factores que intervienen en el diseño de pavimentos**

Tipo	Factor
<p><b>1. Tráfico y carga</b></p>	Carga por eje: ejes simples, eje simple dual, eje tándem y eje tridem.
	Número de repeticiones: por cada tipo de eje (espectro de cargas) o en ejes equivalentes.
	Área de contacto del neumático.
	Presión de contacto neumático
	Velocidad del vehículo.
<p><b>2. Medio Ambiente</b></p>	Temperatura del medio ambiente y en cada capa.
	Gradiente térmico: variación horaria de la temperatura.
	Precipitación pluvial
	Nivel freático
	Radiación solar
<p><b>3. Materiales</b></p>	Capacidad de soporte de la subrasante: módulo resiliente, CBR, módulo de reacción.
	Características de los mejoramientos.
	Bases y sub bases granulares: CBR, módulo resiliente y módulo de poisson.
	Materiales Estabilizados: Resistencia a la compresión y módulo resiliente.
	Mezcla Asfáltica en caliente: módulo dinámico, propiedades de fatiga y parámetros de deformación permanente.
	Concreto hidráulico: coeficiente expansión, módulo de rotura, propiedades de fatiga y módulo de elasticidad.
	Acero de refuerzo: Esfuerzo de fluencia
	Mezclas asfálticas en frío.

*(Continúa en la página siguiente)*

**Tabla 02: Factores que intervienen en el diseño de pavimentos**

(Continuación)

Tipo	Factor
4. Criterios de falla y condiciones de servicio	Fisuras por fatiga.
	Ahuellamiento.
	Fisuras.
	Erosión o bombeo.
	Rugosidad.
	Deslizamientos.
	Fallas en juntas.

*Fuente: Ingeniería de Pavimentos 2014, ICG Perú.*

La relación de los diferentes factores que afectan al pavimento, mencionados en el cuadro anterior, es compleja por lo que se puede mencionar que el tráfico tiene mayor incidencia en la estructura del pavimento.

#### **2.2.1.5 Importancia del estudio de suelos para pavimentos**

- **Clasificación de Suelos:** Teniendo en cuenta que en la naturaleza existe una gran variedad de suelos, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene, prácticamente, su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado.

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y

aeropistas son el de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

- **Investigación y Evaluación De Suelos:** Para la obtención de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos deben efectuarse investigaciones de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas. Una investigación de suelos debe comprender:
  - a) Selección de las unidades típicas de diseño: Consiste en la delimitación de las unidades homogéneas de diseño con base en las características: geológicas, climáticas, topográficas y de drenaje de la zona en proyecto.
  - b) Determinación del perfil de suelos: La primera labor por llevar a cabo en la investigación de suelos consiste en la ejecución sistemática de perforaciones en el terreno, con el objeto de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos de suelos, la forma como éstos están dispuestos en capas y la detección de la posición del nivel freático. Teniendo en cuenta que es imposible realizar un estudio que permita conocer el perfil de suelos en cada punto del proyecto, es necesario acudir a la experiencia para determinar el espaciamiento entre las perforaciones con base en la uniformidad que presenten los suelos.

Un criterio para la ubicación, profundidad y número de las perforaciones se presenta en la Tabla 03.

**Tabla 03: Criterios para la ejecución de Perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos**

<b>Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos.</b>		
<b>Tipo de zona</b>	<b>Espaciamiento(m)</b>	<b>Profundidad(m)</b>
1. Carreteras	250 - 500	1.50
2. Pistas de aterrizaje.	A lo largo de la línea central, 60-70m	<i>Cortes:</i> -3m debajo de la rasante <i>Rellenos:</i> -3m debajo de la superficie existente del suelo.
3. Otras áreas pavimentadas.	1 perforación cada 1.000 m <sup>2</sup>	<i>Cortes:</i> 3m debajo de la rasante. <i>Rellenos:</i> 3m debajo de la superficie existente del suelo.
4. Préstamos	Pruebas suficientes para definir claramente el material.	Hasta la profundidad que se propone usar como préstamo.

*Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras, 2da edición. Alfonso Fonseca. Año 2002.*

Debe registrarse, además, la posición del nivel freático en caso de detectarse, por cuanto este dato es importante para el diseño de los dispositivos de sub drenaje que sean necesarios en la obra vial.

- c) Muestreo de las diferentes capas de suelos: En cada perforación ejecutada deberán tomarse muestras representativas de las diferentes capas de suelos encontradas. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones en que se encontraba en el terreno de donde procede e inalterada en el caso contrario.
- d) Ensayos de laboratorio: se realizan ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas para determinar sus propiedades físicas en

relación con la estabilidad y capacidad de soporte de la sub rasante.

A continuación se indican las pruebas más aplicables en la pavimentación de carreteras:

- Determinación del contenido de humedad.
- Análisis granulométrico.
- Determinación del Límite plástico y líquido de los suelos.
- Peso Específico.
- Ensayo de Densidad (máxima densidad y óptimo contenido de humedad).
- Ensayo CBR (Resistencia de los suelos).

## **2.2.2 Definiciones Conceptuales Específicas**

En este capítulo se desarrollará en forma concisa los conceptos básicos sobre pavimentos rígidos, para obtener una idea general del tipo de pavimento en estudio y de los principales elementos que lo conforman: sub-base, losa de concreto, juntas, selladores, características del pavimento, etc. Así mismo, se describirá brevemente cada uno de los factores o parámetros necesarios para el diseño de pavimentos rígidos según el método AASHTO 93.

### **2.2.2.1 Definición de pavimentos rígidos**

Un pavimento rígido está conformado de concreto simple o armado, denominado losa, y apoyado directamente sobre una base o sub base. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los

esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la sub rasante. Todo lo contrario sucede en los pavimentos flexibles, que al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores lo cual trae como consecuencias mayores tensiones en la sub rasante, como se puede apreciar en la Figura 04.

**Figura 04: Transmisión de carga en un Pavimento Rígido**



*Fuente: Blog Ingeniería y Construcción, 2006. Pavimentos Hidráulicos.*

- **La sub rasante:** Es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la sub rasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, es más importante que la sub rasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.
- **Sub base:** La capa sub base es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la sub rasante



y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la sub base es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La sub base es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado. Otras funciones de la sub base son:

- Proporcionar estabilidad y soporte uniforme.
  - Incrementar el módulo de reacción de la sub rasante.
  - Minimizar los efectos dañinos de las heladas.
  - Proveer drenaje cuando sea necesario.
  - Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.
- **Losa:** La losa es de concreto. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario para proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo o deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

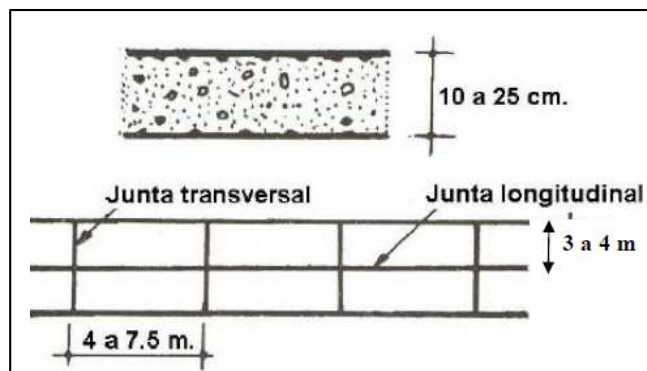
## 2.2.2.2 Tipos de pavimentos de rígidos

### A. Pavimento rígido simple

#### a. Pavimento Rígido Simple Sin Pasadores

Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas. Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3.5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso, por ejemplo, para calles residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más. Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la sub rasante. Ver Figura 05.

**Figura 05: Pavimento Rígido simple sin pasadores**

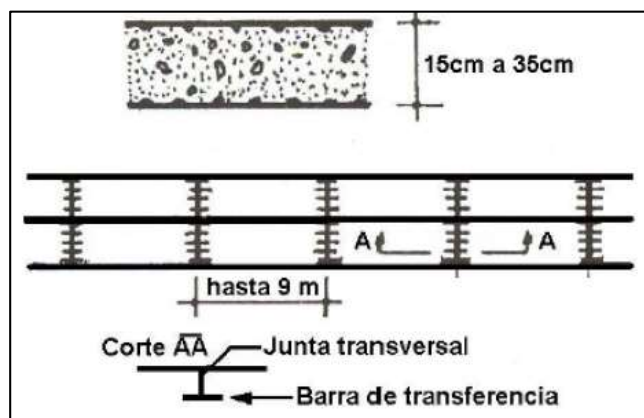


*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

## b. Pavimento Rígido Simple Con Pasadores

Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales o escalonamientos. Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más. Ver Figura 06.

**Figura 06: Pavimento Rígido Simple Con Pasadores**



*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

## B. Pavimentos de concreto reforzado con juntas

Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de

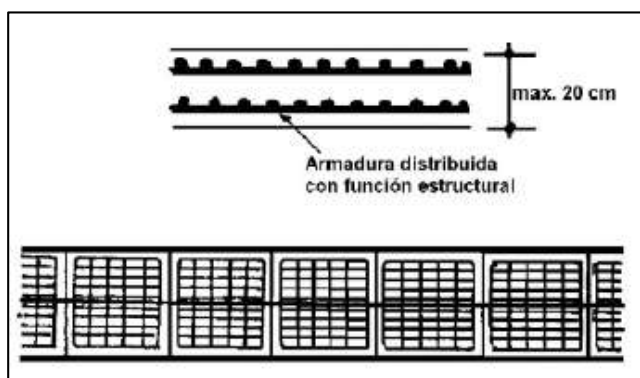
mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte con una unidad estructural. Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en mallas de barras de acero o acero electrosoldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.

La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Las juntas son importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas.

En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento. De acuerdo a su ubicación respecto de la

dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machihembradas y acanaladas. Ver Figura 07.

**Figura 07: Pavimento de concreto reforzado con juntas**

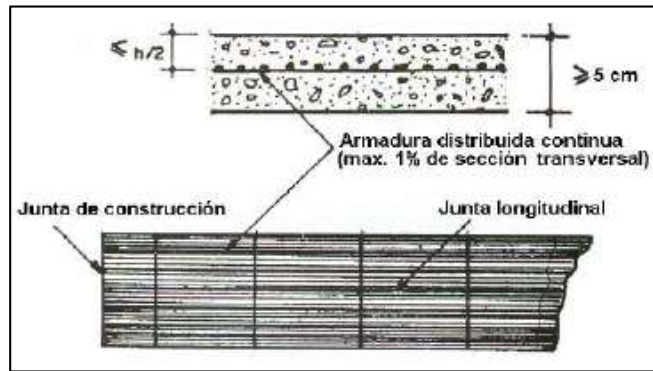


*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

### **C. Pavimentos de concreto con refuerzo continuo**

A diferencia de los pavimentos rígidos reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformación específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos. Ver Figura 08.

**Figura 08: Pavimentos de concreto con refuerzo Continuo**



Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.

### 2.2.2.3 Diseño de un Pavimento Rígido

#### A. Metodología de diseño AASHTO 1993

##### a) Cálculo del Tráfico de diseño

Se considera 20 años como un periodo límite de servicio para un Pavimento Rígido de Concreto. Ver Tabla 04.

**Tabla 04: Número de Repeticiones de ejes equivalentes**

Periodo (Años)	Número de Repeticiones de ejes equivalentes
	Sin Censo de Carga (Reglamento)
20	2.037E+07

Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.

##### b) Determinación del módulo de reacción efectivo (k)

Ver Tabla 05.

**Tabla 05: Modulo Efectivo de Reacción**

Modulo Efectivo de Reacción, K (psi)
50.0

Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.

c) Cálculo de los parámetros de diseño.

**a. Confiabilidad y Desviación Estándar Normal**

Es el grado de certeza en el diseño que garantiza que el pavimento proyectado se comportará satisfactoriamente bajo condiciones de tráfico y medio ambiente durante el periodo de diseño, esto depende de la importancia de la vía, los valores fluctúan entre 50% para vías locales a 99.9% en vías nacionales, tal como se aprecia en la Tabla 06 y Tabla 07.

**Tabla 06: Niveles de Confiabilidad**

<b>Niveles de Confiabilidad</b>	
<b>Clasificación funcional</b>	<b>Nivel recomendado para carreteras</b>
Carretera Interestatal o Autopista	80 – 99.9
Red Principal o Federal	75 – 95
Red Secundaria o Estatal	75 – 95
<b>Red Rural o Local</b>	<b>50 – 80</b>

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

**Tabla 07: Niveles de Confiabilidad y Desviación Estándar**

<b>Niveles de Confiabilidad</b>	<b>Desviación Estándar Normal</b>
60	-0.253
90	-1.282
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

**b. Desviación Estándar Total (So)**

Ver Tabla 08.

**Tabla 08: Desviación Estándar Total**

<b>Según el método AASHTO 93</b>	<b>Desviación Estándar Total (So)</b>
<b>Pavimentos Rígidos</b>	<b>0.30 - 0.40</b>
Construcción Nuevas	0.35
Sobre Carpetas	0.40

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

**c. Variación del Índice de Serviciabilidad**

La serviciabilidad es un parámetro que relaciona la condición funcional con la condición estructural de la vía. El Índice de serviciabilidad Presente (PSI), varía de 0, una carretera imposible de transitar, hasta 5, una carretera perfecta. Ver Tabla 09.

**Tabla 09: Variación del índice de servicialidad**

<b>PSI</b>	<b>A nivel de Carpeta de rodadura</b>
PSI Inicial	4.5
PSI Final	2.5
$\Delta$ PSI	2.0

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

**d. Coeficiente de Drenaje (Cd)**

Representa la incidencia entre la calidad del drenaje en la vía y el porcentaje del tiempo durante el Período de diseño, que las capas granulares, estarán



expuestas a niveles de humedad cercanos a la saturación.

La siguiente tabla muestra los valores recomendados para modificar coeficiente de drenaje (**Cd**), frente a condiciones de humedad. Ver Tabla 10.

**Tabla 10: Tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad**

Calidad de Drenaje	Término Remoción de Agua	% de Tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación			
		<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	2 horas	1.25 -1.20	1.20 -1.15	1.15 -1.10	1.10
<b>Buena</b>	<b>1 día</b>	1.20 -1.15	1.15 -1.10	<b>1.10 -1.00</b>	1.00
Aceptable	1 semana	1.15 -1.10	1.10 -1.00	1.00 -0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 -1.00	1.00 -0.90	0.90 -0.80	0.80
Muy Pobre	El agua no drena	1.00 -0.90	0.90 -0.80	0.80 -0.70	0.70

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

**e. Periodo de Diseño**

El período de diseño empleado para la obtención de las estructuras del pavimento rígido es de 20 años.

**f. Coeficiente de Transferencia de Cargas (J)**

Este factor se introduce para tener en cuenta la capacidad del pavimento de concreto de transmitir las cargas a través de las discontinuidades (Juntas o grietas). Su valor depende de muchos factores, el tipo de pavimento, si es reforzado con juntas o con

armadura continua, el tipo de berma. La guía AASHTO 93, nos brinda la Tabla “Recommended Load Transfer Coefficient For Various Pavement – Types And Desing Conditions” para definir el coeficiente de transmisión de carga. Ver Tabla 11.

**Tabla 11: Valores del coeficiente de transmisión de cargas**

Valores del coeficiente de transmisión de cargas (j)				
Berma	Asfalto		Concreto	
Dispositivos de transferencia de carga	SI	NO	SI	NO
No reforzado o reforzado con juntas	3.20	3.80 - 4.40	<b>2.5 - 3.1</b>	3.60 - 4.20
Reforzado Continuo	2.9 - 3.2	-	<b>2.3 – 2.9</b>	

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

**g. Calidad del Concreto (f'c)**

El control de calidad es la unión de procedimientos técnicos planeados que garanticen el cumplimiento de los requisitos especificados al menor costo posible. Al referirnos a una mezcla de concreto, se debe cumplir el correcto preparado, muestreo y curado del concreto hasta el momento de su evaluación o puesta en servicio.

**h. Módulo de Rotura (S'c)**

Esta resistencia se considera en el procedimiento de diseño por el criterio de fatiga, el cual controla el agrietamiento del pavimento bajo la acción repetida de 1 a 5 cargas de los vehículos pesados.

Las deformaciones que sufre un pavimento rígido bajo las cargas del tránsito producen tanto esfuerzos de compresión como de tensión. Sin embargo, la relación entre los primeros y la resistencia a la compresión del concreto es demasiado baja, como para afectar el diseño del espesor de la losa. La relación entre los segundos y la resistencia a la flexión es mucho mayor, llegando frecuentemente a valores mayores de 0.5. Como resultado de ello los esfuerzos y la resistencia a la flexión, son los factores que se deberán considerar en el diseño del pavimento.

El presente método utiliza la resistencia a la flexión, medida por ensayos de módulo de rotura sobre vigas de 15 x 15 x 60 cm, cargándolas en los tercios de la luz, para un período de curado de 28 días.

La resistencia a flexión del concreto, denominada Módulo de Rotura ( $S'c$ ) es menor que su resistencia a la compresión constituyendo aproximadamente entre 8% a 15% de esta.

$$S'c = 9.5 * \sqrt{f'c}; \text{ donde } S'c \text{ y } f'c \text{ en psi}$$

*Fuente: Guía AASHTO 93, Cap. 2: Materiales de la Nueva Guía para el Diseño Empírico Mecanístico de Pavimentos.*

#### **i. Módulo de Elasticidad ( $E_c$ )**

El módulo de elasticidad del concreto se puede determinar según la norma ASTM C479 o

correlacionando con el esfuerzo a la compresión del mismo material,  $F'c$  a los 28 días. El módulo elástico se puede estimar mediante la siguiente correlación “American Concrete Instituto y adoptada en el manual de la AASHTO 93”. Ver Tabla 12.

**Tabla 12: Módulo de elasticidad por Tipo de agregado**

Tipo de agregado	Módulo de elasticidad, $E_c$	
	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>
Grueso ígneo	5,500 $(f'c)^{0.5}$	17,500 $(f'c)^{0.5}$
Grueso Metamórfico	4,700 $(f'c)^{0.5}$	15,000 $(f'c)^{0.5}$
<b>Grueso Sedimentario</b>	<b>3,600 <math>(f'c)^{0.5}</math></b>	<b>11,500 <math>(f'c)^{0.5}</math></b>
Sin Información	3,900 $(f'c)^{0.5}$	12,500 $(f'c)^{0.5}$

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

d) Calculo de espesores de pavimento rígido por método AASHTO 93:

Para poder diseñar los espesores del pavimento que se propone en el proyecto, adicionalmente a los parámetros anteriormente ya mencionados y calculados, hay que realizar el cálculo de número estructural, el cual es un valor adimensional que representa una equivalencia numérica de la capacidad estructural del pavimento y se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 7.35 * \text{Log}_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{1 + \frac{16240000}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * pt) * \text{Log}_{10} \left[ \frac{S'c * Cd * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Donde:

W18 = Numero proyectado de carga equivalente de 18 kip (18000 lb) de aplicación de carga axial simples.

Zr = Desviación estándar normal

So = Error estándar combinado del trafico proyectado y del comportamiento proyectado

ΔPSI = Diferencia entre índice de serviciabilidad inicial, por, y el índice de serviciabilidad terminal, pt

D = Espesor (in)

J = Coeficiente de Transferencia de Cargas

S'c = Módulo de Rotura

C'd = Coeficiente de Drenaje

Ec = Módulo de Elasticidad

S'c = Módulo de Rotura

k = Módulo de Reacción del Sub-grado de Westergaard

*Fuente: Guía de diseño AASHTO 93, Diseño de Pavimentos.*

Por lo expuesto, remplazando los valores en la ecuación anterior se obtuvo:

Ver Figura 09.

R = 70%, Nivel de confiabilidad

Zr = -0.524, Desviación Estándar Normal

So = 0.35, Desviación Estándar Total

W18 = 168880 EE, Numero Previsto de ejes equivalentes

de 8.2 ton.

Pi = 4.5, Serviciabilidad Inicial

Pt = 2.0, Serviciabilidad Final

$\Delta$ PSI = 2.5, Perdida de la Serviciabilidad

Mr = 3.4 MPa, Modulo de rotura del concreto

Cd = 0.8, Coeficiente de drenaje

Ec = 22990 MPa, Módulo de elasticidad del concreto

k0 = 7.8 kg/cm<sup>3</sup>, Coeficiente de reacción de sub rasante

k1 = 12.0 kg/cm<sup>3</sup>, Coeficiente de reacción de la capa de mejoramiento

h = 25.0 cm, Espesor de la capa de mejoramiento

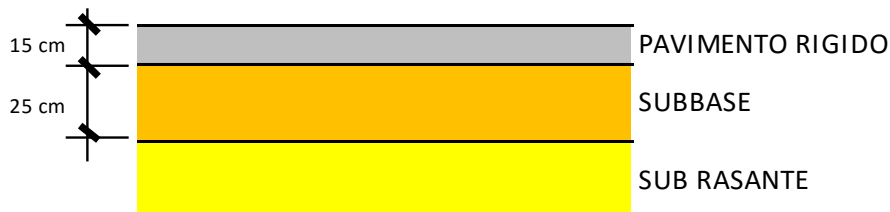
$$K_c = \left[ 1 + \frac{h^2}{38} + \left( \frac{K_1}{K_0} \right)^{2/3} \right]^{0.5} \times K_0$$

Kc = 9.79 kg/cm<sup>3</sup>, Coeficiente de reacción combinado

Kc = 97.95 MPa/m

J = 3.8, Coeficiente de transferencia de Carga

**Figura 09: Diseño del Espesor de Pavimento Rígido**



*Fuente: Elaboración propia.*

Finalmente el resultado de la ecuación es: Espesor de Pavimento Rígido de 15 cm.

## **B. Evaluación de Sub rasante**

Como parte de la investigación y el reconocimiento de las condiciones de la ejecución del proyecto, se observó que,

en algunos tramos de los jirones principales del centro poblado San Cristóbal de Chupán, el suelo existente de la sub rasante presenta características deficientes por mostrar un CBR muy bajo (menor a 10%), alterando, dentro del diseño, el coeficiente de reacción de la sub rasante ( $k_0$ ) y el espesor de la losa diseñada (15 cm).

Ver anexo 06 Plano General Centro Poblado San Cristóbal de Chupán.

El suelo inadecuado encontrado en la evaluación geotécnica es de material arcilloso, saturado y con presencia de materia orgánica. Por lo anterior explicado, el suelo inadecuado deberá ser remplazado por un material que cumpla las características técnicas del material de afirmado propuesto: la mezcla de materiales de otras Canteras cercanas, Chupán Km 0.84 y El Gran Chaparral ubicada a 18 Km del centro poblado San Cristóbal de Chupán, brindarán el afirmado para el mejoramiento.

Los trabajos de campo, que identificaron la problemática adicional mencionada, consistieron en la ejecución de calicatas en el Jr. Central, Jr. Simón Bolívar y Jr. Independencia. A continuación, se detalla los sectores que requieren mejoramiento de material inadecuado.

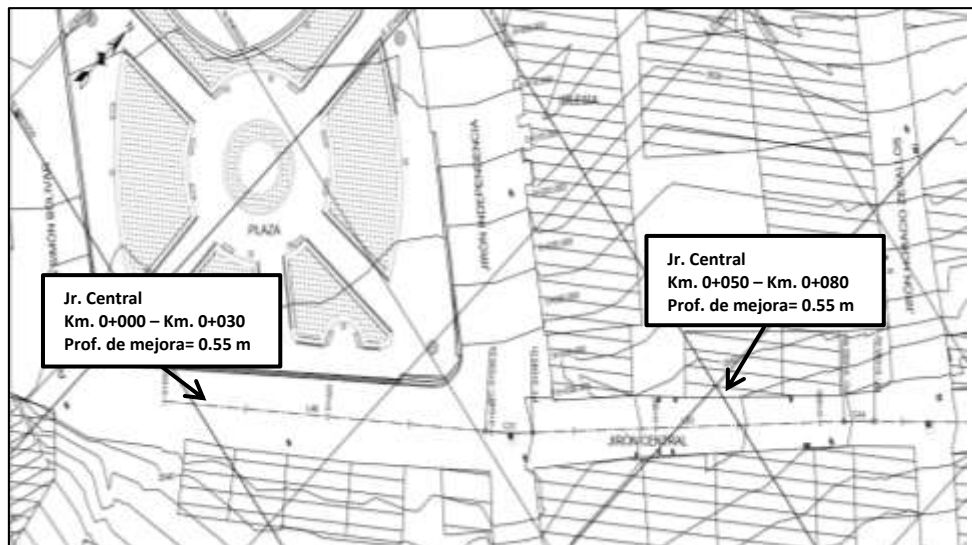
Ver Figuras 10, 11, 12 y 13.

**Figura 10: Centro poblado San Cristóbal de Chupán**



*Fuente: Elaboración propia.*

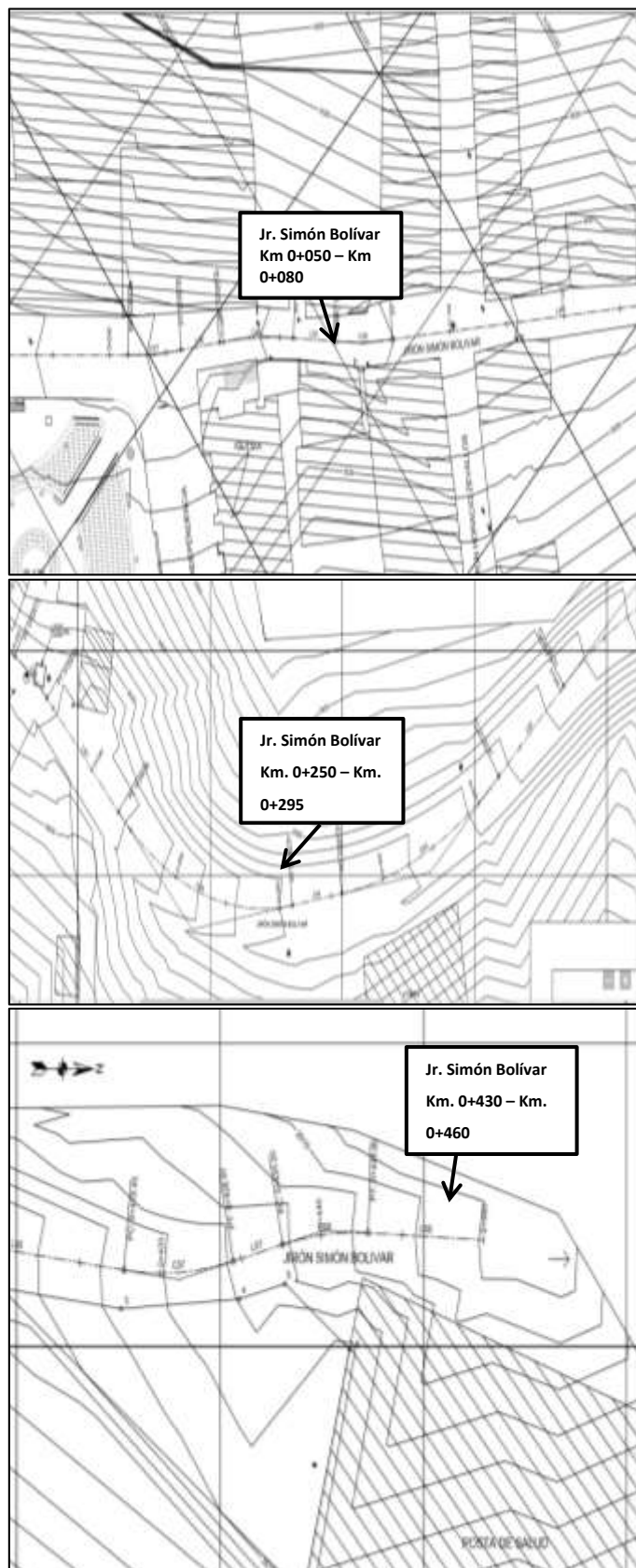
**Figura 11: Jr. Central del Centro poblado San Cristóbal de Chupán**



*Fuente: Elaboración propia.*

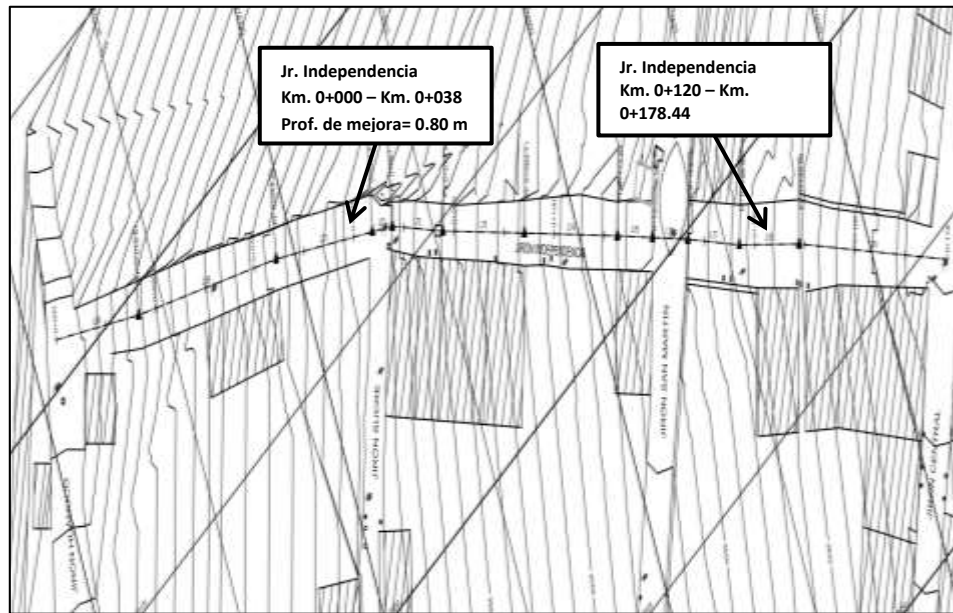


Figura 12: Jr. Bolívar del Centro poblado San Cristóbal de Chupán



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 13: Jr. Independencia del Centro poblado San Cristóbal de Chupán**



*Fuente: Elaboración propia.*

Se procedió a realizar los ensayos de laboratorio para cada muestra de las calicatas.

- |  |               |
|--|---------------|
| - Análisis granulométrico por tamizado | ASTM D-422    |
| - Límite Líquido                       | ASTM D-423    |
| - Límite Plástico                      | ASTM D-424    |
| - Contenido de Humedad Natural         | ASTM D-2216   |
| - Próctor Modificado                   | ASTM D-1557   |
| - CBR.                                 | ASTM D -1883  |
| - Contenido de Materia Orgánica        | AASHTO T- 267 |

Ver anexo 03 Ensayos de Mejoramiento.

A partir de las características físicas y mecánicas de los suelos, se estableció criterios de selección, con la finalidad de poder establecer el sector con presencia de suelos inadecuados, los mismos que se mencionan a continuación:

- Criterios Teóricos de calidad de suelos:
  - Sistema de Clasificación SUCS
  - Sistema de Clasificación AASHTO
- Criterio de suelos existentes asociados a la resistencia estructural:
  - Índice de Soporte de California CBR
- Criterios de verificación de suelos inadecuados con exceso de humedad y plasticidad (deformabilidad)
  - Contenido de Humedad del Suelo y su Compactación
  - Compresibilidad de los suelos
  - Potencial de Expansión
  - Límites de Consistencia

Ver anexo 03 Ensayos de Mejoramiento.

Para la determinación del espesor de mejoramiento de suelos de los sectores evaluados se utilizó la ecuación AASHTO 93 el cual también requiere hallar el Coeficiente de Reacción de la Subrasante ( $k_0$ ). A continuación veremos la diferencia del espesor de losa cuando colocamos los CBR del suelo inadecuado con el uso de la tabla de Correlación CBR y el Modulo de Reacción de la Subrasante. Ver Tabla 13.

### C. Propuesta de Mejoramiento en el Jirón Central

#### a) Diseño de Losa sin Mejoramiento de base granular (CBR bajo)

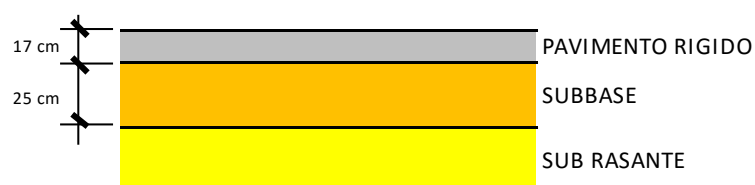
R	70	%	Nivel de confiabilidad
ZR	-0.524		Desviación Estandar Normal
S0	0.35		Desviación Estandar Total
W18	168880	EE	Numero Previsto de ejes equivalentes de 8.2 ton.
Pi	4.5		Serviciabilidad Inicial
Pt	2.0		Serviciabilidad Final
ΔPSI	2.5		Perdida de la Serviciabilidad
MR	3.4	Mpa	Modulo de rotura del concreto
Cd	0.8		Coficiente de drenaje
Ec	22990	MPa	Modulo de elasticidad del concreto
k0	2.7	kg/cm3	Coficiente de reacción de la subrasante
k1	12.0	kg/cm3	Coficiente de reacción de la capa de mejoramiento
h	25.0	cm	Espesor de la capa de mejoramiento

$$K_c = \left[ 1 + \frac{h^2}{38} + \left( \frac{K_1}{K_0} \right)^{2/3} \right]^{0.5} \times K_0$$

kc	3.98	kg/cm3	Coficiente de reacción combinado
kc	39.77	Mpa/m	
J	3.8		Coficiente de transferencia de Carga

Ver Figura 14.

**Figura 14: Rediseño del Espesor de Pavimento Rígido**



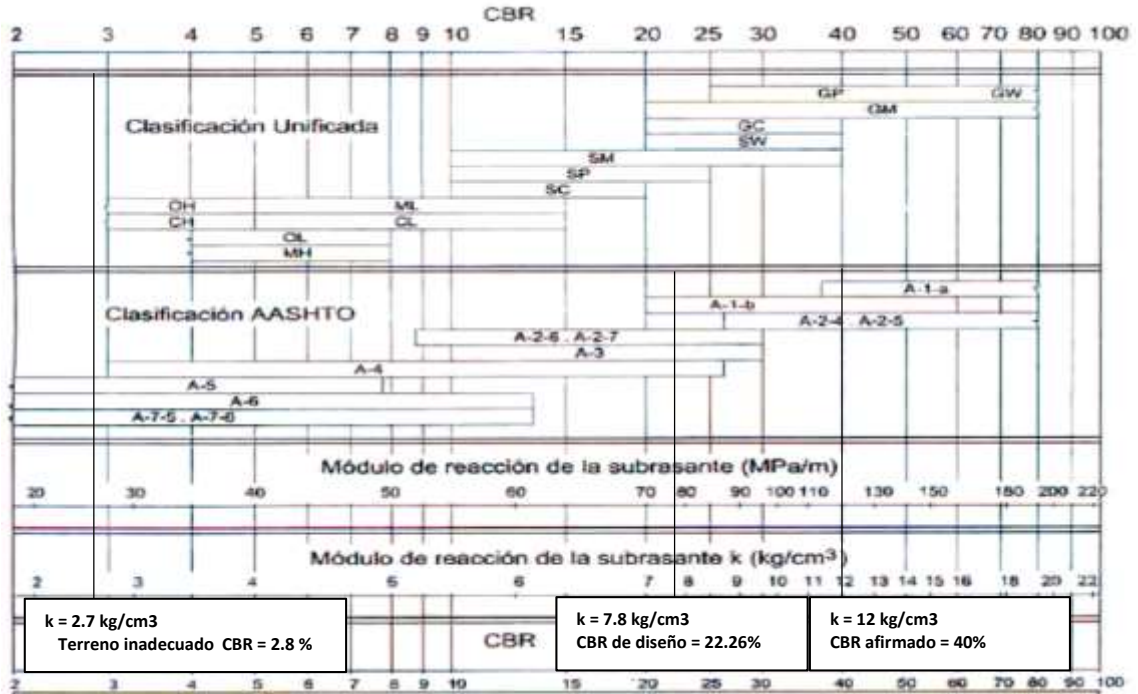
Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Espesor Pavimento rígido} = 168.0 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor Pavimento rígido} = 17.0 \text{ cm}$$

A continuación se muestra la determinación de coeficientes de reacción. Ver Tabla 13.

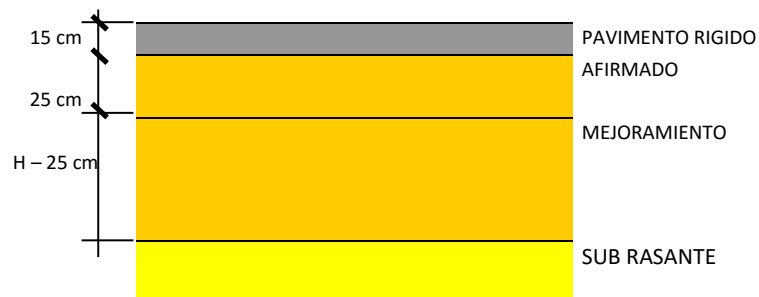
**Tabla 13: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante**



Fuente: Manual Portland Association: Subgrades and sub bases for pavements-Skokle PCA 1971

- b) Diseño de Losa con Mejoramiento de base granular (CBR Superior)
  - Cálculo del Espesor de Reemplazo de Suelos Inadecuados. Ver Figura 15.

**Figura 15: Mejoramiento de la Base Granular**



Fuente: Elaboración propia.

R	70	%	Nivel de confiabilidad
ZR	-0.524		Desviación Estandar Normal
SO	0.35		Desviación Estandar Total
W18	168880	EE	Numero Previsto de ejes equivalentes de 8.2 ton.
Pi	4.5		Serviciabilidad Inicial
Pt	2.0		Serviciabilidad Final
ΔPSI	2.5		Perdida de la Serviciosabilidad
MR	3.4	Mpa	Modulo de rotura del concreto
Cd	0.8		Coefficiente de drenaje
Ec	22990	MPa	Modulo de elasticidad del concreto
k0	2.8	kg/cm3	Coefficiente de reacción de la subrasante, CBR dens nat= 2.8%
k1	12.0	kg/cm3	Coefficiente de reacción de la capa de mejoramiento
h	80.0	cm	Espesor de la capa de mejoramiento
$K_c = \left[ 1 + \frac{h^2}{38} + \left( \frac{K_1}{K_0} \right)^{2/3} \right]^{0.5} \times K_0$			
kc	9.98	kg/cm3	Coefficiente de reacción combinado
kc	99.76	Mpa/m	
J	3.8		Coefficiente de transferencia de Carga

Espesor Pavimento rígido	=	149.0	mm
--------------------------	---	-------	----

Espesor de Mejoramiento (h-25)	=	55.0	cm
--------------------------------	---	------	----

Se realizaron estos cálculos a todos jirones mencionados anteriormente, que presentan sectores con suelos inadecuados. Ver Figura 11, 12 y 13.

A todo lo expuesto se llega a la conclusión que, los coeficientes de reacción de la sub rasante intervienen significativamente para el diseño de un pavimento rígido.

Ver anexo 03 Ensayos de Mejoramiento.

Ver anexo 04 Panel Fotográfico.

## **2.2.3 Formulación de Hipótesis**

### **2.2.3.1 Hipótesis principal**

El módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán presentan correlaciones proporcionales.

### **2.2.3.2 Hipótesis secundarias**

Las características geotécnicas de los materiales influyen en el diseño de mezcla del concreto de los pavimentos rígidos del C. P. San Cristóbal de Chupán.

Los resultados de los ensayos de laboratorio muestran características de resistencia dentro del rango esperado del diseño de los pavimentos rígidos.

Podemos representar mediante una ecuación la correlación general entre las magnitudes del módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán, que puede ser utilizada en proyectos de similares características donde no se puedan realizar los ensayos de Rotura a la flexión.

### **2.2.3.3 Identificación de Variables**

#### **A. Variable independiente**

- Agregado Fino
- Agregado Grueso

- Aditivos
- Resistencia a la compresión
- Módulo de rotura a la flexión

#### **B. Variable dependiente**

- Factor de Correlación (k)
- Diseño de mezcla del concreto
- Ecuación de correlación

### **2.2.3.4 Definición conceptual de las variables**

#### **a. Características geotécnicas de los materiales**

- **Agregado Fino**

El Agregado fino se refiere a la parte del árido o material cerámico inerte que interviene en la composición del concreto. Es aquel material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33.

El agregado fino consistirá en arena natural proveniente de canteras aluviales o de arena producida artificialmente. La forma de las partículas deberá ser generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas. La arena natural estará constituida por fragmentos de roca limpios, duros, compactos y durables.



En la producción artificial del agregado fino no deben utilizarse rocas que se quiebren en partículas laminares, planas o alargadas, independientemente del equipo de procesamiento empleado.

- **Agregado Grueso**

El agregado grueso es uno de los principales componentes del concreto, su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de concreto. El agregado grueso estará formado por roca o grava triturada obtenida de las fuentes previamente seleccionadas y analizadas en laboratorio, para certificar su calidad. El tamaño mínimo será de 4,8 mm. El agregado grueso debe ser duro, resistente, limpio y sin recubrimiento de materiales extraños o de polvo, los cuales, en caso de presentarse, deberán ser eliminados mediante un procedimiento adecuado, como por ejemplo el lavado. La forma de las partículas más pequeñas del agregado grueso de roca o grava triturada deberá ser generalmente cúbica y deberá estar razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas en todos los tamaños.

- **Aditivos**

Se ilustra la clasificación de los aditivos convencionales en grupos, de acuerdo con el efecto que producen. Para nuestro caso se empleará según las especificaciones técnicas del Proyecto, WR91 (Reductor de agua y plastificante) y Air Mix 200 (Agente inclusor de aire).

A continuación se muestra los tipos de aditivos. Ver Tabla 14.

**Tabla 14: Aditivo y efecto deseado**

Tipo de Aditivo.	Efecto deseado.
<b>Aditivos Convencionales.</b>	
• Plastificantes	Plastificar o reducir el agua entre el 5% y el 12%
• Retardantes	Retardar el tiempo de fraguado.
• Acelerantes	Acelerar el fraguado y el desarrollo de la resistencia a edades tempranas.
• Plastificantes retardantes	Plastifican y retardan el fraguado.
• Plastificantes Acelerantes	Plastifican y aceleran el fraguado.
• Súper-plastificantes	Reducen el agua entre el 12% y el 30% y retardan el tiempo de fraguado.
<b>Inclusores de Aire</b>	Aumentan la impermeabilidad y mejoran la trabajabilidad.
<b>Aditivos Minerales.</b>	
• Cementantes	Aumentan las propiedades cementantes, sustituyendo parcialmente el cemento.
• Puzolanas	Mejoran la trabajabilidad, la plasticidad, la resistencia a los sulfatos. Reducen la reacción álcali - agregado, la permeabilidad, y el calor de hidratación. Sustituyen parcialmente el cemento y rellenan.
• Inertes	Mejoran la trabajabilidad y rellenan.
<b>Aditivos Misceláneos.</b>	
• Formadores de gas	Expansión antes del fraguado.
• Impermeabilizantes	Disminuir permeabilidad.
• Ayudas de bombeo	Mejora capacidad bombeo.
• Inhibidores de corrosión	Reduce avance de corrosión.
• Colorantes	Da color al concreto.

Fuente: Instituto del ASOCRETO, "Colección básica del concreto, tecnología y propiedades", Año 2000.

- **Concreto**

Es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante, generalmente cemento, arena, grava o piedra chancada y agua, que al fraguar y endurecer

adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales. Un concreto puede encontrarse en estado fresco, en proceso de fraguado o en estado endurecido, y en cada uno de estos estados, el concreto presenta características determinadas las cuales definen su desempeño.

Las propiedades más características del concreto son: la manejabilidad, referente a la facilidad de colocación, la velocidad del fraguado, que hace referencia al tiempo que tarda en endurecerse la mezcla; la durabilidad o resistencia con el paso del tiempo, la masa unitaria, la estabilidad de volumen; y la apariencia, entre otras. Además de las mencionadas, la propiedad más ampliamente referenciada es la Resistencia de Compresión, debido a que es la más fácil de evaluar y en la mayoría de los casos es suficiente para garantizar un buen comportamiento estructural.

## **b. Características de resistencia del producto**

- **Módulo de la Resistencia a la Compresión**

Según las Normas ASTM C 39, AASHTO T 22 y MTC E 704; se determina la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto para concretos con pesos unitarios superiores a 800 kg/m<sup>3</sup> (50 lb/pie<sup>3</sup>).

Consiste en aplicar una carga axial de compresión a probetas preparadas a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presenta la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados son usados como control de calidad de la proporción del concreto, de su mezcla y operaciones de colocación; para el cumplimiento de especificaciones, y como control para evaluar la efectividad de la mezcla con aditivos.

Las muestras no deben ensayarse si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro en más del 2%, esto puede ocurrir cuando uno de los moldes sea dañado o deformado durante su transporte, cuando se usen moldes flexibles y estos se deformen durante el moldeo, o cuando una muestra perforada se defleccione o distorsione durante el proceso de perforación.

- **Módulo de Rotura a la Flexión**

Según las Normas ASTM C 78, AASHTO T 97 y MTC E 709; establecen el procedimiento para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto, por medio del uso de una viga simple cargada en los tercios de la luz.

Este método de carga en los tercios deberá utilizarse en la realización de ensayos a flexión, empleando bloques de carga, las cuales asegurarán que las fuerzas aplicadas a la viga sean perpendiculares a la cara de la viga y sin excentricidad.

Se utilizara la Maquina Universal Ensayo a Flexión el cual nos arrojará valores en Kg, para así después convertirlo en MPa mediante la fórmula:

$$M_r = P \cdot L / b \cdot d^2; \text{ donde:}$$

M= Módulo de rotura MPa

P= Máxima carga aplicada indicada por la maquina universal

L= Longitud libre entre apoyos mm (pulg.)

b= Ancho promedio de la muestra mm

d= Altura promedio de la muestra

*Fuente: Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras EM 2000 MTC E709,  
Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Dirección General de Caminos y  
Ferrocarriles.*

### 2.2.3.5 Operacionalización de las Variables

A continuación, se muestra la Operacionalización de variables. Ver Tabla 15.

**Tabla 15: Operacionalización de las Variables**

Operacionalización de las Variables				
Hipótesis	Variables		Indicador	Dimensión
El módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán presentan correlaciones proporcionales.	Características de resistencia del producto	Módulo de Rotura a la flexión	Características de resistencia del producto a los 07 y 28 días de edad.	kg/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a la compresión		
	Factor de Correlación (k)		Relación entre variables	Ecuación exponencial de forma: $f(x) = k \cdot \sqrt{x}$
Las características geotécnicas de los materiales influyen en el diseño de mezcla del concreto de los pavimentos rígidos del C. P. San Cristóbal de Chupán.	Características geotécnicas de los materiales		Caracterización por ensayos	Según ensayo
	Diseño de mezcla del concreto para pavimento rígido		Caracterización por ensayos	Según ensayo
Los resultados de los ensayos de laboratorio muestran características de resistencia dentro del rango esperado del diseño de los pavimentos rígidos.	Características de resistencia del producto	Módulo de Rotura a la flexión	Características de resistencia del producto a los 07 y 28 días de edad.	kg/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a la compresión		
	Características de resistencia del producto		Caracterización por ensayos	Según ensayo
Podemos representar mediante una ecuación la correlación general entre las magnitudes del módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del C. P. San Cristóbal de Chupán, que puede ser utilizada en proyectos de similares características.	Características de resistencia del producto	Módulo de Rotura a la flexión	Características de resistencia del producto a los 07 y 28 días de edad.	kg/cm <sup>2</sup>
		Resistencia a la compresión		
	Ecuación de correlación		Relación entre variables	Ecuación lineal de forma: $A(x) + B$

*Fuente: Elaboración propia.*

### **3. CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Diseño de la Investigación**

##### **3.1.1 Tipo y nivel de la investigación**

El tipo de investigación es aplicada con un nivel experimental prospectivo. También es correlacional – explicativa, porque al provocar una situación representativa se incluye la manipulación de variables de forma longitudinal en condiciones controladas, con el fin de describir las correlaciones entre variables y el porqué del acontecimiento en particular.

##### **3.1.2 Método de la investigación**

El método de investigación es cuantitativo porque utiliza magnitudes numéricas para determinar módulos que pueden ser tratados mediante el campo de la estadística.

Se han requerido elementos, población y muestra, cuya naturaleza es representable por algún modelo numérico sea lineal, exponencial o similar, es decir, sea posible definirlos, limitarlos y saber exactamente dónde se inicia el problema, en qué dirección va y qué tipo de relación existe entre sus elementos.

##### **3.1.3 Desarrollo de la investigación**

En la primera etapa de la investigación se realizó la caracterización de los materiales, tanto a los agregados finos y gruesos, para luego efectuar el diseño de mezcla del concreto empleado; en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la empresa COSAPI, ejecutora del proyecto Mejoramiento de Pistas y Veredas en la Zona Urbana en el centro poblado San Cristóbal de Chupán.



Los ensayos de Granulometría, Peso unitario suelto y compactado, Gravedad Específica y Absorción de los Agregados, Abrasión, Equivalente de Arena, Diseño de Mezcla Concreto, sirvieron para la caracterización de los materiales agregados del pavimento rígido.

En la segunda etapa, se realizó el diseño de la Mezcla de concreto  $F'c=235$  kg/cm<sup>2</sup> mediante el método ACI. Ver Tabla 16, 17, 18 y 19.

Posteriormente se elaboró la mezcla de concreto, para colocarla en los moldes encofrados para su evaluación, sean probetas cilíndricas y vigas. La mezcla de concreto y su preparación en los moldes encofrados se realizaron dentro del proyecto mencionado.

La tercera etapa, consistió en la Rotura de probetas cilíndricas y vigas mediante los ensayos de Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión, respectivamente. Los ensayos de Resistencia a la Flexión se realizaron en el Laboratorio N° 01 Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Por último, los resultados de los ensayos se evaluaron estadísticamente para obtener las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

### **3.1.3.1 Diseño y ejecución de ensayos**

A continuación se presenta los ensayos realizados en la investigación:

- **La Granulometría de los Agregados**

Según lo descrito en las Normas MTC E 107, E 204, ASTM D 422, AASHTO T-11, T-27 y T-88, se tomó una muestra representativa cada uno de los agregados (fino y grueso), los

cuales se deben secar al horno a temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ , posteriormente se lavaron los agregados a través del tamiz N°200, se secaron al horno y luego se pasó a la masa de agregados por una serie de tamices y finalmente se pesó la masa de agregado retenida en cada uno de ellos, para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N°200). Ver Figura 16.

**Figura 16: Tamices y bandejas**



*Fuente: Elaboración propia.*

- **Peso Unitario suelto y compactado**

Por lo descrito en las Normas MTC E 203, ASTM C 29 y ASSHTO T-19, para el peso unitario suelto se llena un recipiente de modo que se descargue a una altura no mayor de 50 mm (2"), luego se enrasa la superficie del agregado con una regla o la mano, para así determinar el peso en kg, del recipiente lleno. Mientras que para el peso unitario compactado, el agregado se coloca en un recipiente en tres

capas de igual volumen hasta colmarlo, cada capa se apisona con 25 golpes de varilla distribuidos uniformemente en cada capa. Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla para así determinar el peso del recipiente lleno compactado en kg. Ver Figura 17.

**Figura 17: Peso Unitario de los agregados**



*Fuente: Elaboración propia.*

- **Gravedad Específica y Absorción de los Agregados**

Según lo descrito en las Normas MTC E 205, AASHTO T-84 y T-85, para los agregados gruesos, el ensayo consistió en seleccionar una muestra por medio del cuarteo, se tamiza por la malla N°4, luego sumergirla en agua por un tiempo de 24 horas, sacarlos del agua y pesarlos en condición saturada. Posteriormente se procedió a pesar los agregados dentro del agua, luego secarlo con una toalla y pesarlos en condición superficialmente seco internamente saturado. En cuanto al agregado fino, estos se seleccionaron por cuarteo y se dejaron inmersos en agua por 24 horas, se secaron

superficialmente por medio de una corriente de aire para comprobar que el material fino estaba en ésta condición, luego se llenó en el molde cónico compactándolo con 25 golpes y si al levantarlo el material fino se desmoronaba parcialmente, el material estaba en ésta condición. Seguidamente se tomaron 500 gr. de agregado fino llenando el picnómetro, se pesó en conjunto y se le adicionó agua hasta un 90 por ciento de su capacidad para después eliminar el aire atrapado rodando el picnómetro sobre la superficie plana y se determina su peso total (picnómetro, muestra y agua). Ver Figura 18.

**Figura 18: Compactación del agregado fino**



*Fuente: Elaboración propia.*

- **Equivalente de Arena**

Por lo descrito en las Normas MTC E 114, ASTM D 2419 y AASHTO T-176; se determina la proporción relativa del contenido de polvo fino o nocivo, o material arcilloso en los

suelos o agregados finos. Se prepara un Solución tipo (Cloruro cálcico, glicerina y agua destilada) para así diluirla, se llena la probeta hasta 10 cm con solución tipo para luego verterla con el contenido de muestra de arena, golpeamos la parte inferior para desalojar burbujas y humedecer la muestra, dejamos reposar 10 minutos.

Tapamos la probeta y agitar 90 ciclos (ida y vuelta 20 cm) durante 30 segundos. Lavamos el tapón y las paredes interiores de la probeta con Solución tipo, introducimos el tubo irrigador al fondo de la muestra y ascendemos poco a poco (permite el ascenso del material fino atrapado), se dejar reposar durante 20 minutos para así hacer lecturas h1 y h2 para las dos muestras. Ver Figura 19.

**Figura 19: Herramientas de laboratorio**



*Fuente: Elaboración propia.*

- **Ensayo de Abrasión (Maquina Los Ángeles)**

Según la Normas MTC E 207, ASTM C 535 y AASHTO T-96; se toma una muestra del agregado para lavarlo y secarlo a una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego se tamiza hasta  $1\frac{1}{2}$ ". Luego disponemos de un tambor giratorio en el que introducimos la muestra junto a unas 12 bolas de acero (carga abrasiva), hacemos girar el tambor 500 vueltas (velocidad entre 31 y 33 r.p.m.), lavamos y tamizamos con dos tamices la muestra recogida en el tambor. De esta forma se tamiza empleando el tamiz de 1.70 mm (Nº12), el material más grueso que el tamiz Nº12 se lava, se seca al horno y se pesa. Ver Figura 20.

**Figura 20: Máquina los Ángeles**



*Fuente: Elaboración propia.*

- **El diseño de la Mezcla del concreto**

El diseño de mezcla se calculó mediante el Método ACI, por el cual hemos tomado las características geotécnicas del

Agregado Fino y Grueso, como también el peso específico y peso suelto seco del Cemento para obtener los valores del diseño de mezcla siendo la Resistencia del  $F'c=235 \text{ kg/cm}^2$ . Ver Tabla 16.

**Tabla 16: Valores de Diseño de mezcla del concreto**

VALORES DE DISEÑO			
1) $f'_{cr} \text{ Kg/cm}^2$ :	320	6) RELACION DE A/C:	0.536
2) ASENTAMIENTO:	3" a 4"	7) AGUA	184
3) TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:	1 1/2"	8) AIRE INCORPORADO	SI
4) CON AIRE INCORPORADO	SI		
5) VOL. DE AGREG. GRUESO:	0.484		

LT.

Ingresar Agua    Interpoliar Rel A/C

*Fuente: Elaboración propia.*

Luego calculamos el factor cemento para después hallar el volumen del agregado fino y grueso. Como resultado nos obtuvo las siguientes proporciones de la Cantidad de Materiales. Ver Tabla 17.

**Tabla 17: Cantidad de Materiales por m3**

CANTIDAD DE MATERIALES		
CEMENTO:	343	k/m3
AGUA:	184	lt/m3
AGREGADO FINO ZARAND:	963	k/m3
AGREGADO GRUESO:	881	k/m3

*Fuente: Elaboración propia.*

A continuación se ajustará las mezclas por humedad de los agregados y en la contribución de los agregados. Ver Tabla 18.

**Tabla 18: Corrección por Humedad**

CORRECCION POR HUMEDAD		CONTRIBUCION DE LOS AGREGADOS					
FINO ZARA. HUM:	995	k/m3	AGREGADO FINO ZARAND:	1.84	%	17.70	lt
GRUESO HUM.:	888	k/m3	AGREGADO GRUESO:	-0.30	%	-2.66	lt
			VOLUMEN DE AGUA:		%	15.04	lt
			AGUA DE MEZ. CORREG. POR HUM.:			169	lt/m3

*Fuente: Elaboración propia.*

Finalmente tenemos como resultado las siguientes proporciones. Ver Tabla 19.

**Tabla 19: Cantidad corregida de Materiales por m3**

CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDAS POR METRO CUBICO			VOLUMEN APARENTE EN PIE3	
CEMENTO:	343	k/m3	8.08	
RANGO DE AGUA:	169	lt/m3	20.92	
AGREG. FINO HUMEDO ZARAN:	995	k/m3	20.28	
AGREG. GRUESO HUMEDO:	888	k/m3	18.12	
<b>PROPORCION EN PESO</b>			<b>PROPORCION EN VOLUMEN PIE3</b>	
Cemento :	1	Bolsa	Cemento :	1
Agua :	0.492	lt	Agua :	20.92
Aren Zar :	2.9	Kg	Aren Zar :	2.51
Grava :	2.6	Kg	Grava :	2.24
			WR 91 :	0.250%
			Airmix :	0.025%

*Fuente: Elaboración propia.*

Después del diseño se procedió a elaborar las proporciones seleccionando una muestra del agregado fino y grueso junto con el Cemento Tipo I (El Sol), agua, los aditivos WR91 (Reductor de agua y plastificante) y el Air Mix 200 (Inclusor de aire). La muestra utilizada se deposita en el mezclador para posteriormente vaciarlas en los moldes debidamente engrasados y nivelados colocando las muestras en tres capas iguales y compactándolas cada capa con 25 golpes por medio de una varilla lisa, para los moldes cilíndricos. Para la elaboración de vigas de concreto, éstas fueron vaciadas en cada molde en dos capas debidamente compactadas con 70 golpes con la varilla lisa y posteriormente golpeadas con un martillo de caucho por los lados exteriores a fin de eliminar las burbujas de aire presentes durante la elaboración del concreto. Ver Figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 y 28.

Ver anexo 02 Ensayos de Diseño de mezcla.



**Figura 21: Selección del Agregado Grueso y Fino**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 22: Toma de datos de los pesos de los materiales**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 23: Colocación de los materiales en la Mezcladora**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 24: Mezclado del concreto**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 25: Determinación del Slump**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 26: Colocación del concreto en los moldes de vigas**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 27: Probetas cilíndricas y vigas de concreto**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 28: Curado de las probetas y las vigas**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

- **Rotura de probetas cilíndricas y vigas**

Posteriormente se realizaron los Ensayos de Resistencia a Compresión y Resistencia a la Flexión de las muestras del concreto a los 07 y 28 días de edad. Ver Figuras 29, 30 y 31.

- a) Para el Ensayo de Resistencia a la Compresión: se sacaron las probetas cilíndricas del almacenamiento de curado, se les determinó el diámetro y la altura del mismo, se colocaron los neoprenos en la parte superior e inferior de la probeta, se alinearon en el centro de la carga, se les empezó a aplicar la carga a una velocidad entre 0.14 a 0.34 MPa/s, una vez falladas las probetas se registraron las cargas máximas y los tipos de falla ocasionado para posteriormente proceder a calcular la resistencia.
- b) Para el Ensayo de Resistencia a la Flexión: se realizaron en el Laboratorio n°1 Ensayo de Materiales "Ing. Manuel Gonzáles de la Cotera" de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI. Una vez sacado las vigas de concreto del almacenamiento de curado, se determinó las dimensiones (15 x 15 x 60 cm) de la viga, luego se coloca las vigas en el aditamento centrándola, posteriormente se acercó la viga a la rótula superior de la máquina, se aplicó carga hasta aproximadamente al 50% de la carga de falla, después se aplicó carga continuamente a una velocidad que aumentará el esfuerzo de la fibra extrema entre 862 y 1206 kPa hasta la falla de la misma.

**Figura 29: Probetas cilíndricas en estado de falla (Rotura)**



*Fuente: COSAPI, Laboratorio de control de calidad, C. P. San Cristóbal de Chupán.*

**Figura 30: Máquina Universal Ensayo a Flexión**



*Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Universidad Nacional de Ingeniería.*

**Figura 31: Vigas en estado de falla (Rotura)**



*Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales, Universidad Nacional de Ingeniería.*

Finalmente, se realizó un análisis estadístico con los resultados obtenidos de los ensayos de Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión y se procedió a la elaboración de gráficos para definir la correlación entre los parámetros estudiados.

### **3.1.3.2 Resultados de Ensayos Realizados**

Se presenta los ensayos realizados a los agregados finos y gruesos en las instalaciones del Laboratorio de Suelos y Pavimentos de COSAPI en el C.P. San Cristóbal de Chupán, en el cual se determina la calidad de los mismos y el grado de cumplimiento de acuerdo a las especificaciones técnicas.

Ver anexo 02 Ensayos de Diseño de mezcla.

Ver anexo 05 Ficha Técnica de los Aditivos.

Ver anexo 04 Panel Fotográfico.

### **3.2 Población y Muestra**

La población es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones; es el conjunto sobre el que estamos interesados en obtener conclusiones.

En la evaluación de pavimentos rígidos del centro poblado de San Cristóbal de Chupán, se identificaron 02 (dos) poblaciones a razón de tener 02 (dos) variables por relacionar mutuamente. La primera población está conformada por el grupo de probetas cilíndricas de concreto y la segunda, por el grupo de vigas de concreto.

La muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población estadística. Las muestras se obtienen con la intención de inferir propiedades de la totalidad de la población, para lo cual deben ser representativas de la misma.

Cada uno de los grupos estuvo compuesto por 64 muestras estadísticas (32 a 7 días y 32 a 28 días de edad respectivamente). El muestreo de 64 probetas cilíndricas y 64 vigas de concreto significó el total de la población. Todos los especímenes se utilizaron en la evaluación.

### **3.3 Técnicas de Recolección de Datos**

El análisis estadístico descriptivo comprende el uso de datos numéricos tenidos tras experimentos, en este caso ensayos, desde la recolección de datos, el análisis y la interpretación de los mismos. El análisis estadístico aporta metodologías de evaluación, análisis y recolección de datos útiles en el campo de análisis que nos permitirá realizar mejoras en el proceso y validar resultados.



Para esta investigación, para cada grupo de evaluación, se tomó un número representativo de muestras, mayor a 30; las muestras tuvieron las mismas características como la edad y calidad de concreto, las pruebas también fueron preparadas simultáneamente en iguales condiciones.

A continuación se detallan las funciones estadísticas utilizadas para nuestros fines.

- a) Promedio o Media Aritmética: es el valor característico de una serie de datos cuantitativos objeto de estudio que parte del principio de la esperanza matemática o valor esperado, se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Donde  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  Corresponden a los resultados de ensayos, siendo  $n$  el número total de ensayos.

- b) Desviación estándar: es una medida de dispersión para variables racionales y de intervalo. Indica cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución de datos.

$$\sigma = \left[ \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{1/2}$$

- c) Coeficiente de Variación: Es la relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable. Su fórmula expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética,

mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar.

$$C_v = \frac{\sigma}{|\bar{x}|}$$

- d) Rango: es el intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo de las variables. Permite obtener una idea de la dispersión de los datos, cuanto mayor es el rango, más dispersos están los datos de un conjunto.

$$R = x_{(k)} - x_{(1)}$$

A partir del análisis estadístico se obtuvieron los valores promedio para cada ensayo por edad:

- F'c promedio a 07 días
- F'c promedio a 28 días
- Módulo de Rotura promedio a 07 días
- Módulo de Rotura promedio a 28 días

Posteriormente se hallaron, con los resultados indicados líneas arriba, la desviación estándar, coeficiente de variación y el rango para cada caso.

Ver Tabla 22, 23, 26 y 27.

## 4. CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Análisis e Interpretación de los Resultados

Para el análisis de datos se evaluaron: 64 especímenes por cada ensayo, Resistencia a la compresión y Módulo de rotura a la flexión, a edad de 7 y 28 días; un total de 128 especímenes. Ver Tabla 20, 21, 24 y 25.

Los valores promedio obtenidos conjugados con la desviación estándar para cada ensayo respectivamente, sirvieron para depurar la información sobre resultados alejados a la tendencia. Ver Tabla 28 y 29

Con la evaluación descrita, se identificaron valores de un K lineal, que define una relación directamente proporcional referencial, y un K exponencial de la ecuación matemática  $M_r (f'c) = K^* \sqrt{f'c}$  presente en la guía AASHTO 93.

La evaluación descrita tuvo como finalidad establecer un rango muy conservador frente a la incertidumbre de la relación exacta entre el Módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de un mismo pavimento rígido. Ver Figura 32 y 33.

## 4.2 Resultados de la Investigación

### 4.2.1 Resultado de ensayos a los 07 días

#### 4.2.1.1 Resultado de ensayos: Resistencia a la compresión a los 07 días - Tabla 20

RESULTADO DE ENSAYOS: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (RC) A LOS 07 DÍAS													
Nº DE SERIE	Nº DE TESTIGO	RESIST. DE ESPECIF. $f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA	FECHA DE ENSAYO		EDAD (días)	SLUMP (Pulg.)	ÁREA DE TESTIGO (cm <sup>2</sup> )	CARGA SOMETIDA (kg.)	RESISTENCIA ALCANZADA		
					MOLDEO (día)	ROTURA (día)					RESIST. (kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)	RESIST. PROMEDIO (%)
1	1	235	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO CANTERA HUACHIS (8 BOLSAS M3)	25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.5	36730.0	203.5	86.6	127.2
2	2	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.2	53830.0	297.1	126.4	
3	3	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	57930.0	319.2	135.8	
4	4	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	55940.0	308.2	131.2	
5	5	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.2	56820.0	313.6	133.4	
6	6	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.5	51940.0	287.8	122.4	
7	7	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.0	56080.0	309.8	131.8	
8	8	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.3	53860.0	297.1	126.4	
9	9	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.6	56670.0	313.8	133.5	
10	10	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.7	54860.0	303.6	129.2	
11	11	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.2	55630.0	307.0	130.6	
12	12	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.4	54280.0	299.2	127.3	
13	13	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	56670.0	312.2	132.9	
14	14	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	54590.0	300.8	128.0	
15	15	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.5	49990.0	277.0	117.9	
16	16	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.8	51890.0	287.0	122.1	
17	17	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	57200.0	315.2	134.1	
18	18	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.9	54080.0	298.9	127.2	
19	19	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.3	53940.0	297.5	126.6	
20	20	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	56180.0	309.5	131.7	
21	21	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.4	54890.0	302.6	128.8	
22	22	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	57330.0	315.9	134.4	
23	23	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.2	55760.0	307.7	130.9	
24	24	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.4	53940.0	297.4	126.5	
25	25	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.9	56210.0	310.7	132.2	
26	26	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.8	55030.0	304.4	129.5	
27	27	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	180.7	51590.0	285.5	121.5	
28	28	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.2	52090.0	287.5	122.3	
29	29	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.3	53440.0	294.8	125.4	
30	30	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.5	54610.0	300.9	128.0	
31	31	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.2	55110.0	304.1	129.4	
32	32	235			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	181.3	53920.0	297.4	126.6	

#### 4.2.1.2 Resultado de ensayos: Módulo de Rotura a la flexión a los 07 días - Tabla 21

RESULTADO DE ENSAYOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MR) A LOS 07 DÍAS															
Nº DE SERIE	Nº DE TESTIGO	MÓDULO DE ROTURA ESPEC MR(kg/cm <sup>2</sup> )	ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA	FECHA DE ENSAYO		EDAD (días)	SLUMP (Pulg.)	DIMENSIONES (cm)			CARGA DE ROTURA (kg.)	RESISTENCIA ALCANZADA		
					MOLDEO (día)	ROTURA (día)			LARGO	ANCHO	ALTURA		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST. (%)	RESIST. PROMEDIO (%)
1	1	34	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO (8 BOLSAS M3)	25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2320.0	36.0	105.9	106.5
2	2	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2300.0	35.5	104.4	
3	3	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2630.0	40.5	119.1	
4	4	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.4	15.4	2380.0	35.5	104.4	
5	5	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.0	15.4	2230.0	34.0	100.0	
6	6	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2520.0	39.0	114.7	
7	7	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2080.0	32.0	94.1	
8	8	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.1	2370.0	37.0	108.8	
9	9	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2450.0	38.0	111.8	
10	10	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2280.0	35.0	102.9	
11	11	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.4	2420.0	36.5	107.4	
12	12	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.0	15.2	2480.0	38.5	113.2	
13	13	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.0	15.2	2290.0	35.5	104.4	
14	14	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.4	15.4	2270.0	33.5	98.5	
15	15	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2370.0	37.0	108.8	
16	16	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2340.0	36.0	105.9	
17	17	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2320.0	36.0	105.9	
18	18	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2300.0	35.5	104.4	
19	19	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2630.0	40.5	119.1	
20	20	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.4	15.4	2380.0	35.5	104.4	
21	21	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.0	15.4	2230.0	34.0	100.0	
22	22	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2520.0	39.0	114.7	
23	23	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2080.0	32.0	94.1	
24	24	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.1	2370.0	37.0	108.8	
25	25	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2450.0	38.0	111.8	
26	26	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2280.0	35.0	102.9	
27	27	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.4	2420.0	36.5	107.4	
28	28	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.0	15.2	2480.0	38.5	113.2	
29	29	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.0	15.2	2290.0	35.5	104.4	
30	30	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.4	15.4	2270.0	33.5	98.5	
31	31	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.1	15.2	2370.0	37.0	108.8	
32	32	34			25/09/2015	02/10/2015	7	4"	60	15.2	15.2	2340.0	36.0	105.9	

#### 4.2.1.3 Resumen de ensayos a los 07 días

Para los ensayos de rotura a la compresión a los 07 días, se obtuvo un  $F'c$  promedio de 299.00 kg/cm<sup>2</sup> con una desviación de estándar de 20.10 kg/cm<sup>2</sup>. Ver Tabla 22.

**Tabla 22: Resumen Resistencia a la compresión a 07 días**

Resistencia a la compresión 07 días	CANTIDAD	32.0
	SUMA	9566.7
	PROMEDIO	299.0
	MINIMO	203.5
	MAXIMO	319.2
	DESV. ESTANDAR	20.1
	VARIANZA	402.3
	COEF. DE VARIA. DE PRODUCCIÓN	6.7

Para los ensayos de Módulo de rotura (resistencia a la flexión) a los 07 días, se obtuvo un  $M_r$  promedio de 106.50 kg/cm<sup>2</sup> con una desviación de estándar de 6.20 kg/cm<sup>2</sup>. Ver Tabla 23.

**Tabla 23: Resumen Módulo de Rotura a 07 días**

Resistencia a la flexión 07 días	CANTIDAD	32.0
	SUMA	3408.8
	PROMEDIO	106.5
	MINIMO	94.1
	MAXIMO	119.1
	DESV. ESTANDAR	6.2
	VARIANZA	38.5
	COEF. DE VARIA. DE PRODUCCIÓN	5.8

## 4.2.2 Resultado de ensayos a los 28 días

### 4.2.2.1 Resultado de ensayos: Resistencia a la compresión a los 28 días – Tabla 24

RESULTADO DE ENSAYOS: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (RC) A LOS 28 DÍAS													
33	33	235	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO CANTERA HUACHIS (8 BOLSAS M3)	25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.2	62810.0	348.6	148.3	146.4
34	34	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.7	63050.0	347.0	147.7	
35	35	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.5	62110.0	344.1	146.4	
36	36	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.5	60450.0	334.9	142.5	
37	37	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.5	66050.0	363.9	154.9	
38	38	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.5	59210.0	328.0	139.6	
39	39	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.9	61980.0	340.7	145.0	
40	40	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.0	59510.0	328.8	139.9	
41	41	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.0	66970.0	370.0	157.4	
42	42	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.7	60980.0	335.6	142.8	
43	43	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.5	63950.0	352.3	149.9	
44	44	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.5	62680.0	347.3	147.8	
45	45	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.9	64080.0	352.3	149.9	
46	46	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.5	59700.0	330.7	140.7	
47	47	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.9	60990.0	337.1	143.5	
48	48	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.6	63170.0	347.9	148.0	
49	49	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.4	61090.0	336.8	143.3	
50	50	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.3	62380.0	346.0	147.2	
51	51	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.6	60760.0	336.4	143.2	
52	52	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.1	63920.0	353.0	150.2	
53	53	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.4	61130.0	338.9	144.2	
54	54	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.5	60470.0	335.0	142.6	
55	55	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.2	62980.0	347.6	147.9	
56	56	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.8	61010.0	337.4	143.6	
57	57	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.4	62340.0	343.7	146.2	
58	58	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.5	62580.0	344.8	146.7	
59	59	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.4	63070.0	347.7	148.0	
60	60	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.8	63860.0	353.2	150.3	
61	61	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.4	62780.0	346.1	147.3	
62	62	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.5	61980.0	341.5	145.3	
63	63	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	181.7	63680.0	350.5	149.1	
64	64	235			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	180.5	61820.0	342.5	145.7	

#### 4.2.2.2 Resultado de ensayos: Módulo de Rotura a la flexión a los 28 días – Tabla 25

RESULTADO DE ENSAYOS: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (MR) A LOS 28 DÍAS															
Nº DE SERIE	Nº DE TESTIGO	MÓDULO DE ROTURA ESPEC MR(kg/cm <sup>2</sup> )	ESTRUCTURA	SUB ESTRUCTURA	FECHA DE ENSAYO		EDAD (días)	SLUMP (Pulg.)	DIMENSIONES (cm)			CARGA DE ROTURA (kg.)	RESISTENCIA ALCANZADA		
					MOLDEO (día)	ROTURA (día)			LARGO	ANCHO	ALTURA		RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	RESIST.	RESIST. PROMEDIO
													MR (Kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	(%)
33	33	34	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO	DISEÑO PARA PAVIMENTO RIGIDO CANTERA HUACHIS (8 BOLSAS M3)	25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.3	15.4	3000.0	45.0	132.4	117.5
34	34	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.3	15.1	2600.0	40.0	117.6	
35	35	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.2	2500.0	38.0	111.8	
36	36	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.5	15.2	2000.0	30.0	88.2	
37	37	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.5	15.5	2650.0	38.5	113.2	
38	38	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.3	15.2	2950.0	45.5	133.8	
39	39	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.5	15.2	2750.0	41.5	122.1	
40	40	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.5	15.2	2700.0	41.0	120.6	
41	41	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.4	2860.0	42.5	125.0	
42	42	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.5	15.4	2580.0	38.0	111.8	
43	43	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.3	2580.0	39.0	114.7	
44	44	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.3	15.4	2330.0	35.0	102.9	
45	45	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.2	15.3	2720.0	41.0	120.6	
46	46	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.5	15.5	2860.0	41.5	122.1	
47	47	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.1	15.2	2680.0	41.5	122.1	
48	48	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.3	15.4	2700.0	40.5	119.1	
49	49	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.4	2740.0	40.5	119.1	
50	50	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.2	15.2	2590.0	40.0	117.6	
51	51	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.4	2650.0	39.5	116.2	
52	52	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.3	15.5	2770.0	40.5	119.1	
53	53	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.2	15.4	2800.0	42.0	123.5	
54	54	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.3	2550.0	38.5	113.2	
55	55	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.1	15.3	2690.0	41.0	120.6	
56	56	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.5	15.4	2580.0	38.0	111.8	
57	57	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.4	2730.0	40.0	117.6	
58	58	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.2	15.3	2800.0	42.5	125.0	
59	59	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.3	15.2	2730.0	41.5	122.1	
60	60	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.2	15.2	2540.0	39.0	114.7	
61	61	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.5	2640.0	38.5	113.2	
62	62	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.4	15.3	2590.0	39.0	114.7	
63	63	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.2	15.4	2470.0	37.0	108.8	
64	64	34			25/09/2015	23/10/2015	28	4"	60	15.1	15.1	2710.0	42.5	125.0	



#### 4.2.2.3 Resumen de ensayos a los 28 días

Para los ensayos de rotura a la compresión a los 28 días, se obtuvo un  $F'c$  promedio de 344.10 kg/cm<sup>2</sup> con una desviación de estándar de 9.20 kg/cm<sup>2</sup>. Ver Tabla 26.

**Tabla 26: Resumen Resistencia a la compresión a 28 días**

Resistencia a la compresión 28 días	CANTIDAD	32.0
	SUMA	11010.2
	PROMEDIO	344.1
	MINIMO	328.0
	MAXIMO	370.0
	DESV. ESTANDAR	9.2
	VARIANZA	85.5
	COEF. DE VARIA. DE PRODUCCIÓN	2.7

Para los ensayos de Módulo de rotura (resistencia a la flexión) a los 28 días, se obtuvo un  $M_r$  promedio de 117.50 kg/cm<sup>2</sup> con una desviación de estándar de 8.30 kg/cm<sup>2</sup>. Ver Tabla 27.

**Tabla 27: Resumen Resistencia a la compresión a 28 días**

Resistencia a la flexión 28 días	CANTIDAD	32.0
	SUMA	3760.3
	PROMEDIO	117.5
	MINIMO	88.2
	MAXIMO	133.8
	DESV. ESTANDAR	8.3
	VARIANZA	68.8
	COEF. DE VARIA. DE PRODUCCIÓN	7.1

### 4.3 Contrastación de Resultados

#### 4.3.1 Contrastación de resultados a los 07 días – Tabla 28

RESULTADOS A LOS 07 DÍAS					
Validez de datos	Resistencia a la compresión (RC)	Módulo de Rotura a Flexión (MR)	Correlaciones (%)		
			Proporción	K Lineal	K Exponencial
-	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	MR: k*(FC)	MR: k (FC) <sup>1/2</sup>
Inválido	203.49	32.00	15.73%	0.16	2.24
Inválido	276.95	32.00	11.55%	0.12	1.92
Válido	285.50	33.50	11.73%	0.12	1.98
Válido	287.00	33.50	11.67%	0.12	1.98
Válido	287.47	34.00	11.83%	0.12	2.01
Válido	287.76	34.00	11.82%	0.12	2.00
Válido	294.76	35.00	11.87%	0.12	2.04
Válido	297.08	35.00	11.78%	0.12	2.03
Válido	297.08	35.50	11.95%	0.12	2.06
Válido	297.35	35.50	11.94%	0.12	2.06
Válido	297.41	35.50	11.94%	0.12	2.06
Válido	297.52	35.50	11.93%	0.12	2.06
Válido	298.95	35.50	11.87%	0.12	2.05
Válido	299.23	35.50	11.86%	0.12	2.05
Válido	300.77	36.00	11.97%	0.12	2.08
Válido	300.88	36.00	11.96%	0.12	2.08
Válido	302.59	36.00	11.90%	0.12	2.07
Válido	303.60	36.00	11.86%	0.12	2.07
Válido	304.14	36.50	12.00%	0.12	2.09
Válido	304.37	36.50	11.99%	0.12	2.09
Válido	307.01	37.00	12.05%	0.12	2.11
Válido	307.73	37.00	12.02%	0.12	2.11
Válido	308.21	37.00	12.00%	0.12	2.11
Válido	309.53	37.00	11.95%	0.12	2.10
Válido	309.83	38.00	12.26%	0.12	2.16
Válido	310.72	38.00	12.23%	0.12	2.16
Válido	312.23	38.50	12.33%	0.12	2.18
Válido	313.58	38.50	12.28%	0.12	2.17
Válido	313.79	39.00	12.43%	0.12	2.20
Válido	315.15	39.00	12.38%	0.12	2.20
Válido	315.87	40.50	12.82%	0.13	2.28
Inválido	319.17	40.50	12.69%	0.13	2.27

RC promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
298.96
Intervalo RC (kg/cm <sup>2</sup> )
278.90      319.02

Promedio	0.120	2.091
Desviación Estándar	0.002	0.070
Promedio - DvEs	0.118	2.020
Promedio + DvEs	0.123	2.161

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.2 Contratación de resultados a los 28 días – Tabla 29

RESULTADOS A LOS 28 DÍAS					
Validez de datos	Resistencia a la compresión (RC)	Módulo de Rotura a Flexión (MR)	Correlaciones (%)		
			Proporción	K Lineal	K Exponencial
-	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )	(%)	MR: k*(FC)	MR: k (FC)1/2
Inválido	328.03	30.00	9.15%	0.09	1.66
Inválido	328.78	35.00	10.65%	0.11	1.93
Inválido	330.75	37.00	11.19%	0.11	2.03
Válido	334.90	38.00	11.35%	0.11	2.08
Válido	335.01	38.00	11.34%	0.11	2.08
Válido	335.61	38.00	11.32%	0.11	2.07
Válido	336.43	38.50	11.44%	0.11	2.10
Válido	336.77	38.50	11.43%	0.11	2.10
Válido	337.15	38.50	11.42%	0.11	2.10
Válido	337.44	39.00	11.56%	0.12	2.12
Válido	338.86	39.00	11.51%	0.12	2.12
Válido	340.74	39.00	11.45%	0.11	2.11
Válido	341.49	39.50	11.57%	0.12	2.14
Válido	342.49	40.00	11.68%	0.12	2.16
Válido	343.66	40.00	11.64%	0.12	2.16
Válido	344.10	40.00	11.62%	0.12	2.16
Válido	344.79	40.50	11.75%	0.12	2.18
Válido	345.98	40.50	11.71%	0.12	2.18
Válido	346.09	40.50	11.70%	0.12	2.18
Válido	347.00	41.00	11.82%	0.12	2.20
Válido	347.26	41.00	11.81%	0.12	2.20
Válido	347.57	41.00	11.80%	0.12	2.20
Válido	347.68	41.50	11.94%	0.12	2.23
Válido	347.85	41.50	11.93%	0.12	2.23
Válido	348.56	41.50	11.91%	0.12	2.22
Válido	350.47	41.50	11.84%	0.12	2.22
Válido	352.28	42.00	0.12	0.12	2.24
Válido	352.34	42.50	0.12	0.12	2.26
Válido	352.95	42.50	0.12	0.12	2.26
Válido	353.21	42.50	0.12	0.12	2.26
Inválido	363.91	45.00	12.37%	0.12	2.36
Inválido	370.00	45.50	12.30%	0.12	2.37

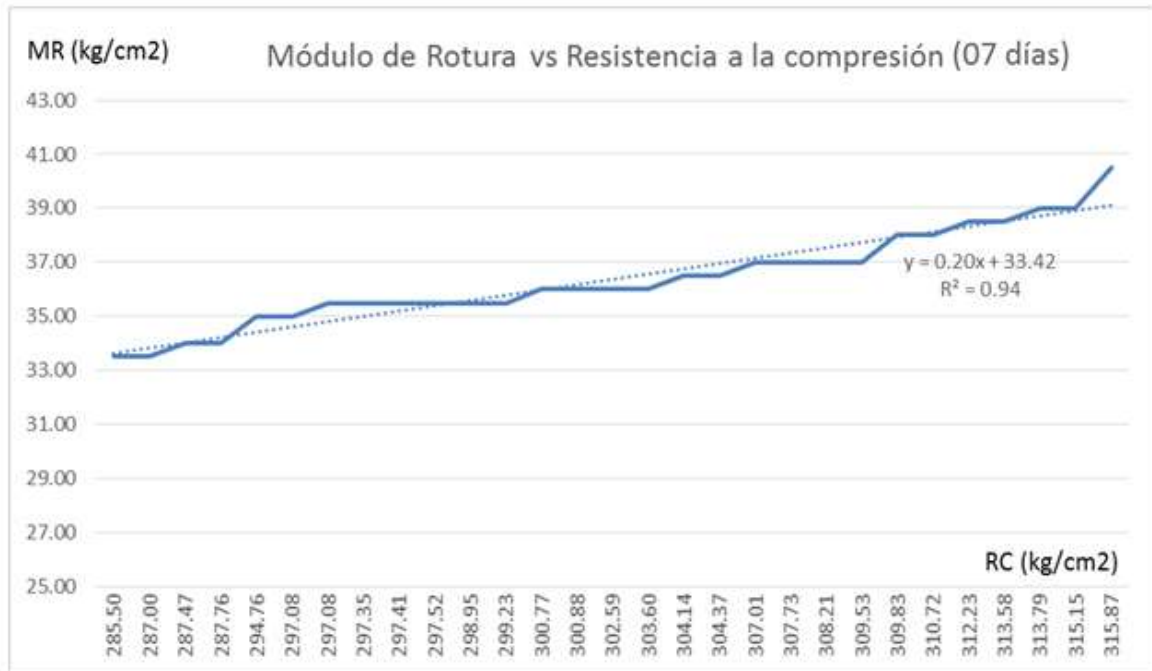
RC promedio (kg/cm <sup>2</sup> )	
344.07	
Intervalo RC (kg/cm <sup>2</sup> )	
334.82	353.31

Promedio	0.117	2.168
Desviación Estándar	0.002	0.061
Promedio - DvEs	0.115	2.107
Promedio + DvEs	0.119	2.229

Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.3 Correlaciones entre el módulo de Rotura y la Resistencia a la compresión a los 07 días

Figura 32: Correlaciones entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión a los 07 días



Fuente: Elaboración propia.

$$Mr = F (f'c) = 0.20*(f'c) + 33.42, R^2 = 0.94, \text{ donde:}$$

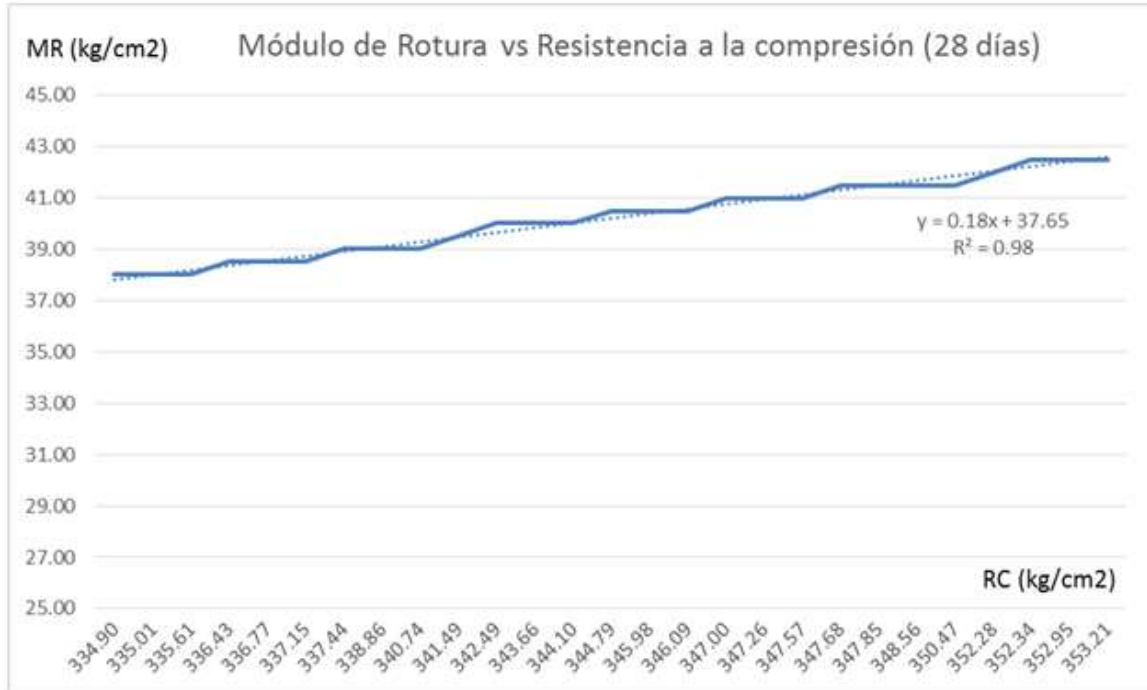
Mr = Módulo de rotura a la flexión a los 07 días

F'c = Resistencia a la compresión a los 07 días

(Resultados obtenidos para Pavimentos rígidos de centro poblado San Cristóbal de Chupán de F'c = 235 kg/cm<sup>2</sup>, con ensayos de módulo de rotura a la flexión y resistencia a la compresión a los 07 días).

#### 4.3.4 Correlaciones entre el módulo de Rotura y la Resistencia a la compresión a los 28 días

Figura 33: Correlaciones entre el Módulo de Rotura y la Resistencia a la Compresión a los 28 días



Fuente: Elaboración propia.

$$M_r = F(f'c) = 0.18 \cdot (f'c) + 37.65, R^2 = 0.98, \text{ donde:}$$

$M_r$  = Módulo de rotura a la flexión a los 07 días

$F'c$  = Resistencia a la compresión a los 07 días

(Resultados obtenidos para Pavimentos rígidos de centro poblado San Cristóbal de Chupán de  $F'c = 235 \text{ kg/cm}^2$ , con ensayos de módulo de rotura a la flexión y resistencia a la compresión a los 28 días).

#### 4.4 Discusión de los Resultados

Con respecto al parámetro de la resistencia a la compresión del concreto, se concluye que:

- Los ensayos han confirmado la homogeneidad de la calidad del concreto. La desviación estándar es menor al 9% para los ensayos de compresión y flexión a los 28 días.
- Los ensayos de resistencia a la compresión muestran resultados mayores a lo esperado, manteniendo una correlación directamente proporcional a los ensayos de resistencia a la flexión.

Para el ACI, la resistencia a la flexión de un concreto está entre los valores de 1.99 a 2.65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión; para la AASHTO, la resistencia a la flexión del concreto, denominada Módulo de Rotura ( $S'c$ ), constituye aproximadamente entre 8% a 15% de la resistencia a la compresión.

Los valores encontrados en esta investigación para un concreto de 235 kg/cm<sup>2</sup> se encuentran dentro del rango establecido según ACI y AASHTO; la resistencia a la flexión está entre los valores de 2.09 – 2.17 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión y 11.70% a 12.00% del valor de la resistencia a la compresión.

## CONCLUSIONES

1. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que las evaluaciones de las muestras de concreto fueron homogéneas.
2. Las correlaciones entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión nos muestran una ecuación lineal de la cual se obtiene un valor de constante K, para una relación de tipo  $M_r (f'c) = K \cdot f'c$ , para este caso:
  - a.  $M_r = 0.120 \cdot f'c$  a los 07 días.
  - b.  $M_r = 0.117 \cdot f'c$  a los 28 días.
3. De las correlaciones entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión se obtuvo una ecuación exponencial que muestra un valor constante K, para una relación de tipo  $M_r (f'c) = K \cdot \sqrt{f'c}$ , para este caso:
  - a.  $M_r = 2.091 \cdot \sqrt{f'c}$  a los 07 días.
  - b.  $M_r = 2.168 \cdot \sqrt{f'c}$  a los 28 días.
4. Se concluye que las fórmulas y correlaciones obtenidas, tienen rangos más conservadores frente a lo propuesto por el ACI y la norma AASHTO 93.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda controlar la velocidad de carga, según lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales 2000, en los ensayos de compresión y flexión para evitar variaciones en los resultados.
2. Se recomienda la aplicación de las correlaciones obtenidas para el control de calidad de concreto en pavimentos rígidos donde las características de los materiales y pavimento rígido sean similares.
3. Los parámetros de correlación entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión hallados en esta investigación, se encuentran dentro del rango establecido por asociaciones internacionales y proponen un margen más estricto para el control de calidad del concreto en pavimentos rígidos, así como para el diseño de los mismos.

$$M_r(f'c) = (2.020 - 2.161) * f'c = K * \sqrt{f'c}; \text{ a los 07 días.}$$

$$M_r(f'c) = (2.107 - 2.229) * f'c = K * \sqrt{f'c}; \text{ a los 28 días.}$$

4. La rigidez y espesor de losa de un pavimento rígido son significativos frente a un mejoramiento de base granular, un aumento ligero del espesor de losa puede reemplazar una capa de mejoramiento de base.
5. Se recomienda utilizar la metodología empleada para definir correlaciones entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión.



## FUENTES DE INFORMACIÓN

### 1. Referencias bibliográficas

COSAPI, (2013). Estudio definitivo del “Mejoramiento de pistas y veredas de la zona urbana del centro poblado de San Cristóbal de Chupán, Huachis-Huari-Ancash.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2000). Manual de Ensayos de Materiales M-2000 – MTC.

AASHTO, (1993) Guide for Design of Pavements Structures 93.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2010). Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos.

ICG PERÚ, (2014). Ingeniería de Pavimentos 3ra Edición - Materiales, diseño y conservación.

Montejo Fonseca, (2002). Ingeniería de Pavimentos, Tomo I.

Carlos Andrés Aulestia Alarcón y José Gabriel Pazmiño García, (2012). Tesis: Determinación del módulo de rotura en hormigones de cemento hidráulico, correlación con la resistencia a la tracción diametral y con la compresión simple.

Mendoza, Molina y Moya, (2004). Tesis: Determinación de la correlación entre el módulo de elasticidad y el módulo de ruptura para pavimentos de concreto Hidráulico con materiales en condiciones locales.

## 2. Referencias electrónicas

ICG PERÚ, (2009). Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos. URL [http://www.construccion.org.pe/normas/rne2009/rne2006/files/titulo2/05\\_CE/Pavimentos\\_Urbanos.pdf](http://www.construccion.org.pe/normas/rne2009/rne2006/files/titulo2/05_CE/Pavimentos_Urbanos.pdf)

Instituto del Cemento Portland Argentino, (2012). Diseño de Pavimentos rígidos. URL <http://www.actualizarmiweb.com/sites/icpa/publico/files/01.pdf>

Bookstore AASHTO. The Pavement Management Guide, 2nd. URL <https://bookstore.transportation.org/>

Instituto mexicano del cemento y del concreto AC, (2008). Determinación de la resistencia a la flexión del Concreto. URL <http://www.revistacyt.com.mx/images/problemas/2008/pdf/DICIEMBRE.pdf>

Duravía – Carolina García, (2012). ¿Resistencia a la flexión del concreto? <http://www.duravia.com.pe/blog/wp-content/uploads/Resistencia-Concreto-ACI-ICA-version-web.pdf>

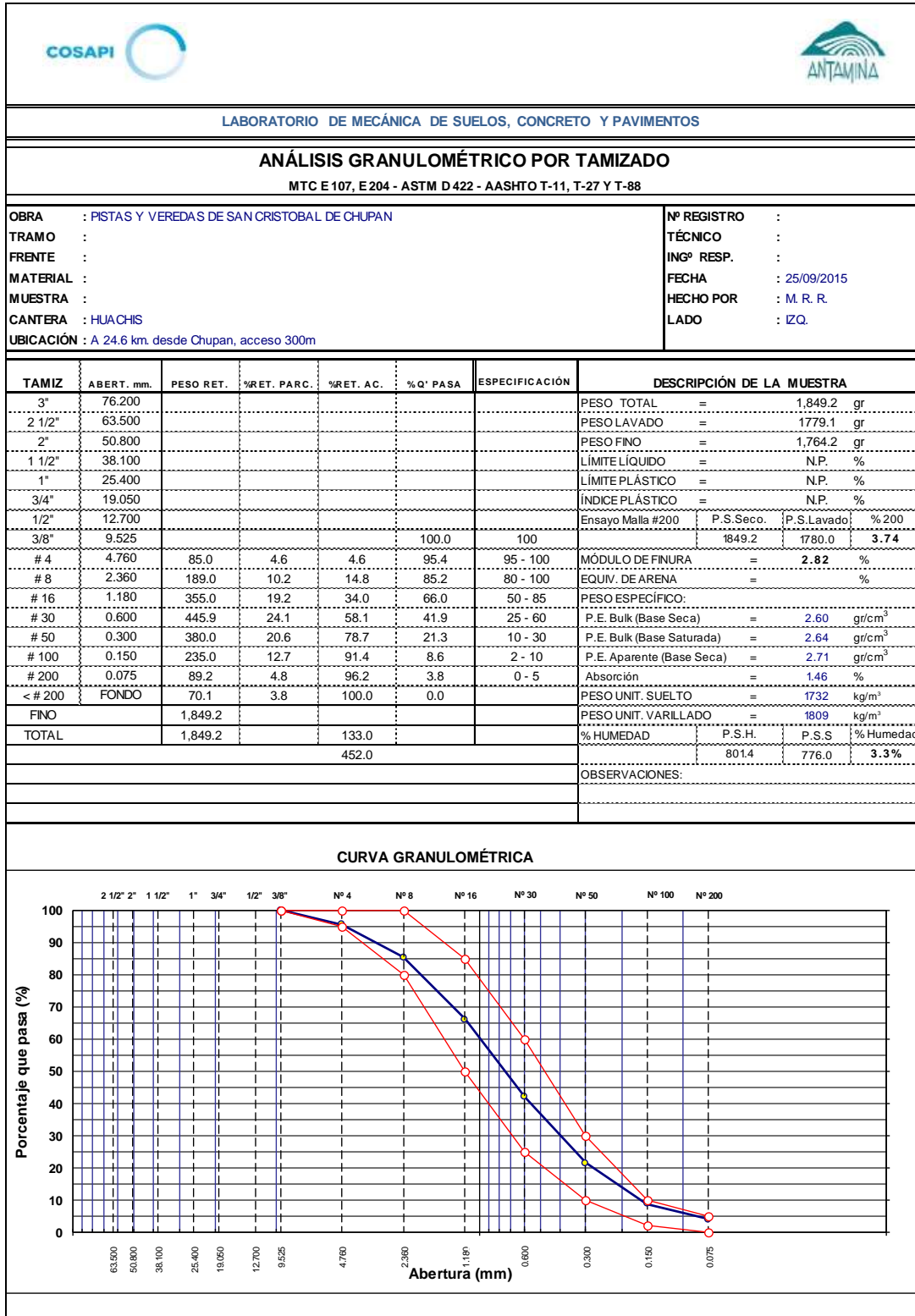
## ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de Consistencia								
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables		Indicador	Dimensión	Metodología	Diseño de Investigación
¿Es posible determinar correlaciones entre el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán para optimizar el diseño de pavimentos rígidos similares?	Determinar correlaciones entre el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán para optimizar futuros diseños y llevar un adecuado control de calidad en pavimentos rígidos similares.	El módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán presentan correlaciones proporcionales.	Características de resistencia del producto	Módulo de Rotura a la flexión	Características de resistencia del producto a los 07 y 28 días de edad.	kg/cm <sup>2</sup>	La investigación inició con la caracterización de los materiales para realizar el diseño de la mezcla del concreto de pavimentos rígidos del Centro poblado San Cristóbal de Chupán. La caracterización se efectuó bajo los ensayos de Granulometría, Peso unitario suelto y compactado, Gravedad Específica y Absorción de los Agregados, Abrasión y Equivalente de Arena. Definido el diseño de mezcla con los materiales, se elaboró el concreto representativo a los pavimentos rígidos de centro poblado San Cristóbal de Chupán. El concreto fue moldeado y puesto en curación hasta el momento de evaluar sus características de resistencia a los 07 y 28 días de edad (Módulo de Rotura a la flexión y Resistencia a la compresión). Las características de resistencia se obtuvieron mediante ensayos normados de laboratorio. Con los resultados obtenidos, se procedió al trabajo de gabinete donde bajo un análisis estadístico se definieron correlaciones entre las variables de la investigación, dando como resultado ecuaciones de correlación y parámetros para el control de calidad y diseño en pavimentos rígidos de similares características.	
				Resistencia a la compresión				
Factor de Correlación (k)		Relación entre variables	Ecuación exponencial de forma: $f(x) = k^x \cdot x$					
¿Cuáles son las características geotécnicas de los materiales que intervienen en el diseño de mezcla del concreto de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán?	Definir las características geotécnicas de los materiales para elaborar el diseño de mezcla del concreto de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán.	Las características geotécnicas de los materiales influyen en el diseño de mezcla del concreto de los pavimentos rígidos del C. P. San Cristóbal de Chupán.	Características geotécnicas de los materiales		Caracterización por ensayos	Según ensayo		
			Diseño de mezcla del concreto para pavimento rígido		Caracterización por ensayos	Según ensayo		
¿Cómo conocer las características de resistencia de los pavimentos rígidos Centro Poblado San Cristóbal de Chupán?	Realizar ensayos normados de laboratorio para conocer las características de resistencia de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán, sea el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión.	Los resultados de los ensayos de laboratorio muestran características de resistencia dentro del rango esperado del diseño de los pavimentos rígidos.	Características de resistencia del producto	Módulo de Rotura a la flexión	Características de resistencia del producto a los 07 y 28 días de edad.	kg/cm <sup>2</sup>		
				Resistencia a la compresión				
Características de resistencia del producto		Caracterización por ensayos	Según ensayo					
¿Cuál es la ecuación matemática que expresa la correlación entre el Módulo de rotura a la flexión y la Resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán?	Definir la ecuación matemática, que correlacione el Módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del Centro Poblado San Cristóbal de Chupán, para ser aplicada en proyectos de similares características.	Podemos representar mediante una ecuación la correlación general entre las magnitudes del módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión de los pavimentos rígidos del C. P. San Cristóbal de Chupán, que puede ser utilizada en proyectos de similares características.	Características de resistencia del producto	Módulo de Rotura a la flexión	Características de resistencia del producto a los 07 y 28 días de edad.	kg/cm <sup>2</sup>		
				Resistencia a la compresión				
Ecuación de correlación		Relación entre variables	Ecuación lineal de forma: $A(x) + B$					

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 01 - Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado fino

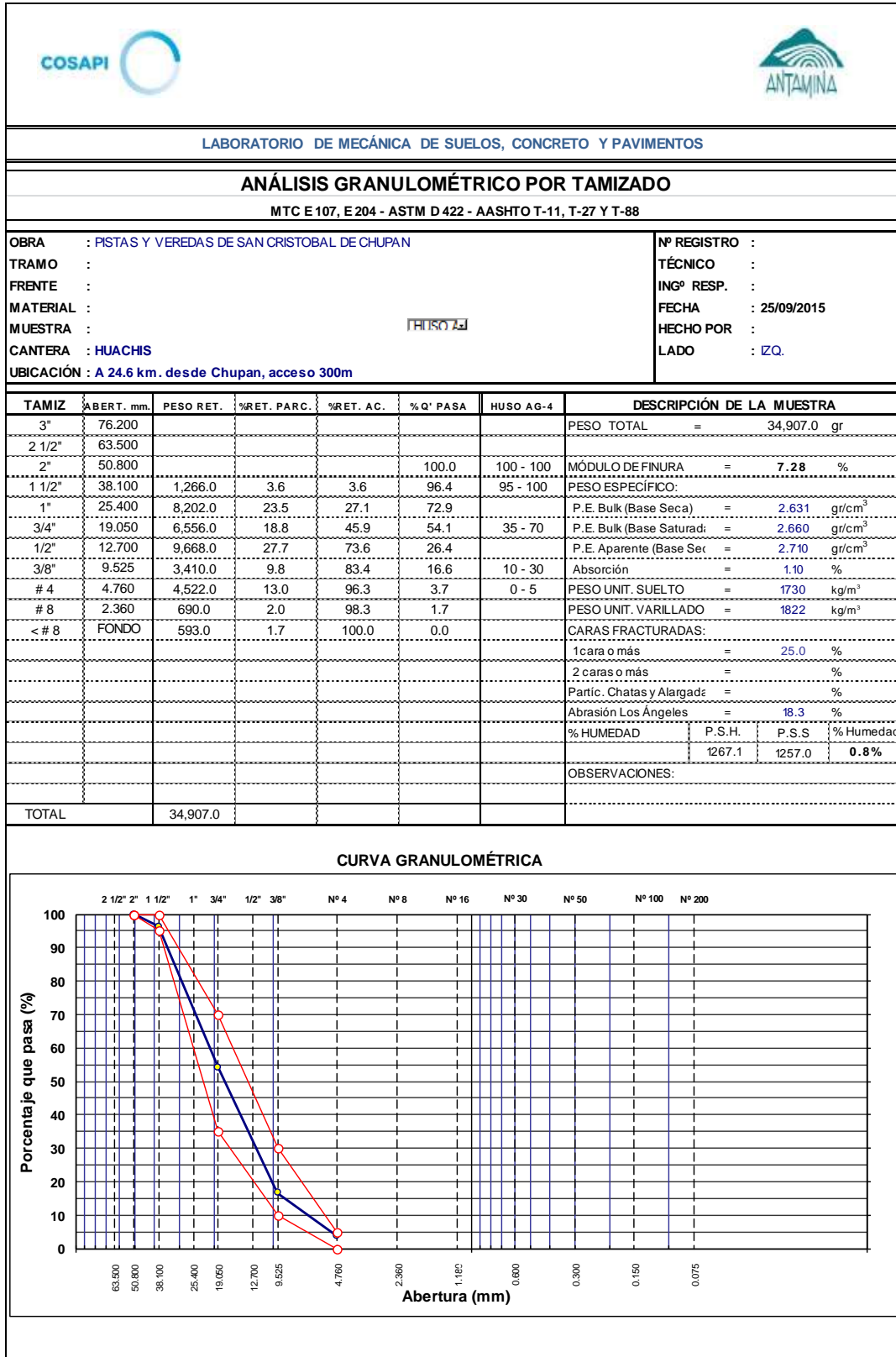
Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán



## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 02 - Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado grueso



Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán



## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 03 - Peso Unitario de los agregados / Agregado fino



Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán

					
Código: PC-ESU-PUN-F1	Revisión: 00	Contrato N° 0152-2010-MTC/20	C.R./U.O.: 59151	Hoja: de:	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS</b>					
MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19					
<b>OBRA</b> : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN <b>TRAMO</b> : <b>FRENTE</b> : <b>MATERIAL</b> : <b>MUESTRA</b> : <b>CANTERA</b> : HUACHIS <b>UBICACIÓN</b> : A 24.6 km. desde Chupan, acceso 300m	<b>N° REGISTRO</b> : <b>TÉCNICO</b> : <b>ING° RESP.</b> : <b>FECHA</b> : 25/09/2015 <b>HECHO POR</b> : <b>LADO</b> : IZQ.				
<b>AGREGADO FINO</b>					
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	21870	21905	21840	
Peso del recipiente	(gr)	5176	5176	5176	
Peso de la muestra	(gr)	16694	16729	16664	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9640	9640	9640	
Peso unitario suelto	(kg/m <sup>3</sup> )	1732	1735	1729	
<b>Peso unitario suelto promedio</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1732</b>			
<b>PESO UNITARIO VARILLADO</b>					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	22679	22583	22580	
Peso del recipiente	(gr)	5176	5176	5176	
Peso de la muestra	(gr)	17503	17407	17404	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9640	9640	9640	
Peso unitario compactado	(kg/m <sup>3</sup> )	1816	1806	1805	
<b>Peso unitario compactado promedio</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1809</b>			

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 04 - Peso Unitario de los agregados / Agregado grueso



Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán

					
Código: PC-ESU-PUN-F1	Revisión: 00	Contrato N° 0152-2010-MTC/20	C.R./U.O.: 59151	Hoja: de:	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS</b>					
MTC E 203 - ASTM C 29 - ASSHTO T-19					
OBRA : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN	N° REGISTRO :			TÉCNICO :	
TRAMO :	ING° RESP. :			FECHA : 25/09/2015	
FRENTE :	HECHO POR :			LADO : IZQ.	
MATERIAL :	MUESTRA :				
CANTERA : HUACHIS	UBICACIÓN : A 24.6 km. desde Chupan, acceso 300m				
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	21819	21845	21900	
Peso del recipiente	(gr)	5176	5176	5176	
Peso de la muestra	(gr)	16643	16669	16724	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9640	9640	9640	
Peso unitario suelto	(kg/m <sup>3</sup> )	1726	1729	1735	
<b>Peso unitario suelto promedio</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1730</b>			
<b>PESO UNITARIO VARILLADO</b>					
DESCRIPCIÓN	Und.	IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Peso del recipiente + muestra	(gr)	22650	22800	22761	
Peso del recipiente	(gr)	5176	5176	5176	
Peso de la muestra	(gr)	17474	17624	17585	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9640	9640	9640	
Peso unitario compactado	(kg/m <sup>3</sup> )	1813	1828	1824	
<b>Peso unitario compactado promedio</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1822</b>			

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 05 - Gravedad específica y absorción de los agregados / Agregado fino

**Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán**

					
Código: PC-ESU-PEA-F1	Revisión: 00	Contrato N° 0152-2010-MTC/20	C.R./U.O.: 59151	Hoja: de:	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b>					
(NORMA AASHTO T-84, T-85)					
<b>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>OBRA</b> : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN <b>TRAMO</b> : <b>FRENTE</b> : <b>MATERIAL</b> : <b>MUESTRA</b> : <b>CANTERA</b> : HUACHIS <b>UBICACIÓN</b> : A 24.6 km. desde Chupan, acceso 300m	<b>N° REGISTRO</b> : <b>TÉCNICO</b> : <b>ING° RESP.</b> : <b>FECHA</b> : 25/09/2015 <b>HECHO POR</b> : <b>LADO</b> : IZQ.				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>AGREGADO FINO</b>					
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Aire ) (gr)	500.0	500.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	685.1	654.4		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1185.1	1154.4		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	996	964.9		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	189.1	189.5		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	492.8	492.8		
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm3)	181.9	182.3		<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2.606	2.601		2.603
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2.644	2.639		2.641
	Pe aparente ( Base seca ) = F/G	2.709	2.703		2.706
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.461	1.461		<b>1.46%</b>



## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 06 - Gravedad específica y absorción de los agregados / A. Grueso



**Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán**

					
Código: PC-ESU-PEA-F1	Revisión: 00	Contrato N° 0152-2010-MTC/20	C.R./U.O.: 59151	Hoja: de:	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b>					
(NORMA AASHTO T-84, T-85)					
<b>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
OBRA : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN TRAMO : FRETE : MATERIAL : MUESTRA : CANTERA : HUACHIS UBICACIÓN : A 24.6 km. desde Chupan, acceso 300m	Nº REGISTRO : TÉCNICO : INGº RESP. : FECHA : 25/09/2015 HECHO POR : LADO : IZQ.				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire ) (gr)	2742.0	3114.0		
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua ) (gr)	1721.0	1932.0		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	1021.0	1182.0		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C)(gr)	2706.0	3087.0		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	985.0	1155.0		<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.650	2.612		2.631
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.686	2.635		2.660
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.747	2.673		2.710
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	1.330	0.875		<b>1.10%</b>

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 07 - Ensayo de abrasión (Máquina de los Ángeles) / Agregado grueso



Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán

				
<b>ENSAYO DE ABRASIÓN ( MÁQUINA DE LOS ÁNGELES )</b>				
MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96				
<b>OBRA</b> : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN <b>TRAMO</b> : ✓ <b>MATERIAL</b> : ✓ <b>CALICATA</b> : ✓ <b>MUESTRA</b> : ✓ <b>PROFUND.</b> : <b>CANTERA</b> : HUACHIS <b>UBICACIÓN</b> : A 24.6 km. desde Chupan, acceso 300m	<b>Nº REGISTRO</b> : <b>TÉCNICO</b> : <b>INGº RESP.</b> : <b>FECHA</b> : 25/09/2015 <b>HECHO POR</b> : <b>DEL KM</b> : IZQ. <b>AL KM</b> : <b>CARRIL</b> :			
<b>Tamiz</b>	<b>Gradaciones</b>			
<b>Pasa - Retiene</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1 1/2" - 1"	1250.0			
1" - 3/4"	1253.0			
3/4" - 1/2"	1249.0			
1/2" - 3/8"	1250.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - Nº 4				
Nº 4 - Nº 8				
Peso Total	5002.0			
(%) Retenido en la malla Nº 12	4085.0			
(%) Que pasa en la malla Nº 12	917.0			
Nº de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	<b>18.3%</b>			

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 08 - Ensayo Partículas chatas y alargadas / Agregado fino



Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán

						
Código: PC-ESU-CHA-F1	Revisión: 00	Contrato N° 0152-2010-MTC/20	C.R./U.O.: 59151	Hoja:    de:		
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>						
OBRA : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN TRAMO : FRETE : MATERIAL : MUESTRA : CANTERA : HUACHIS UBICACIÓN : A 24.6 km. desde Chupán, acceso 300m			Nº REGISTRO : TÉCNICO : ING. RESP. : FECHA : 25/09/2015 HECHO POR : LADO : IZQ.			
<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>						
ASTM D 693						
TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2" - 11/2"	3040.0	133.0	4.4	3.6	15.9	
1 1/2" - 1"	3680.0	244.0	6.6	23.5	155.8	
1" - 3/4"	3835.0	177.0	4.6	18.8	86.7	
3/4" - 1/2"	4105.0	134.0	3.3	27.7	90.4	
1/2" - 3/8"	2285.0	46.0	2.0	9.8	19.7	
<b>Peso Total (gr.)</b>	<b>16945</b>	<b>734.0</b>		<b>83.4</b>	<b>368.5</b>	<b>4.4</b>

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 09 - Porcentaje de caras fracturadas en los agregados / Agregado grueso



Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán

							
Código: PC-ESU-FRT-F1	Revisión: 00	Contrato N° 0152-2010-MTC/20	C.R./U.O.: 59151	Hoja: de:			
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>							
OBRA : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN TRAMO : FRETE : MATERIAL : MUESTRA : CANTERA : HUACHIS UBICACIÓN : A 24.6 km. desde Chupán, acceso 300m			Nº REGISTRO : TÉCNICO : ING. RESP. : FECHA : 25/09/2015 HECHO POR : LADO : IZQ.				
<b>PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS</b>							
MTC E 210 - ASTM D 5821							
<b>CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
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"	3040.0	1358.0	44.7	3.6	162.2	
1 1/2"	1"	3680.0	2038.0	55.4	23.5	1301.4	
1"	3/4"	3835.0	2571.0	67.0	18.8	1259.0	
3/4"	1/2"	4105.0	3703.0	90.2	27.7	2498.7	
1/2"	3/8"	2285.0	1908.0	83.5	9.8	815.8	
<b>TOTAL</b>		<b>16945.0</b>	<b>11578.0</b>		<b>83.4</b>	<b>6037.2</b>	<b>72.4</b>
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
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"	3040.0	681.0	22.4	3.6	81.3	
1 1/2"	1"	3680.0	1554.0	42.2	23.5	992.4	
1"	3/4"	3835.0	2113.0	55.1	18.8	1034.7	
3/4"	1/2"	4105.0	3348.0	81.6	27.7	2259.2	
1/2"	3/8"	2285.0	1710.0	74.8	9.8	731.1	
<b>TOTAL</b>		<b>16945.0</b>	<b>9406.0</b>		<b>79.8</b>	<b>5098.8</b>	<b>63.9</b>

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 10 - Equivalente de Arena / Agregado fino

**Cantera Huachis, C.P. San Cristóbal de Chupán**

				
Código: PC-ESU-EQA-F1	Revisión: 00	Contrato N° 0152-2010-MTC/20	C.R./U.O.: 59151	Hoja: de:
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>				
<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>				
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176				
<b>OBRA</b> : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN <b>TRAMO</b> : <b>FRENTE</b> : <b>MATERIAL</b> : <b>MUESTRA</b> : <b>CANTERA</b> : HUACHIS <b>UBICACIÓN</b> : A 24.6 km. desde Chupan, acceso 300m	<b>N° REGISTRO</b> : <b>TÉCNICO</b> : <b>ING. RESP.</b> : <b>FECHA</b> : 25/09/2015 <b>HECHO POR</b> : <b>LADO</b> : IZQ.			
<b>MUESTRA</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Hora de entrada a saturación	01:55	01:57	01:59	
Hora de salida de saturación (más 10')	02:05	02:07	02:09	
Hora de entrada a decantación	02:07	02:09	02:11	
Hora de salida de decantación (más 20')	02:27	02:29	02:31	
Altura máxima de material fino	cm 5.00	cm 5.20	cm 5.30	
Altura máxima de la arena	cm 3.80	cm 4.10	cm 4.00	
Equivalente de arena	% 76	% 79	% 76	
<b>Equivalente de arena promedio</b>	%	77.0		
<b>Resultado equivalente de arena</b>	%	77		

## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 11 - Ensayo Resistencia a Flexión a 7 días



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : COSAPI S.A.

Obra : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS C.P. SAN CRISTOBAL DE CHUPAN"  
Ubicación : HUACHIS - HUARI - ANCASH  
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Flexión con cargas a los tercios del tramo  
Expediente N° : 15-3330  
Recibo N° : 47197  
Fecha de emisión : 06/10/2015

1. DE LA MUESTRA : 08 Vigas de concreto con medidas aproximadas de 15x15x60cm

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal TOKYOKOKI  
Certificado de Calibración SNM: CMC-061-2015.

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.076.2012.

#### 4. RESULTADOS

MUESTRAS	FECHA DE ENSAYO	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			Ubicación de la fractura	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-1	02/10/2015	54.0	60.0	15.2	15.2	Tercio central	2320	36.0
M-2	02/10/2015	54.0	60.0	15.1	15.2	Tercio central	2300	35.5
M-3	02/10/2015	54.0	60.0	15.2	15.2	Tercio central	2630	40.5
M-4	02/10/2015	54.0	60.0	15.4	15.4	Tercio central	2380	35.5
M-5	02/10/2015	54.0	60.0	15.0	15.4	Tercio central	2230	34.0
M-6	02/10/2015	54.0	60.0	15.1	15.2	Tercio central	2520	39.0
M-7	02/10/2015	54.0	60.0	15.2	15.2	Tercio central	2080	32.0
M-8	02/10/2015	54.0	60.0	15.2	15.1	Tercio central	2370	37.0

\* La hora de ensayo fue a las 10:00 horas.

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ms. Ing. A. Torre C.  
Técnico : Sr. V. G. R.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo  
Jefe (e) del laboratorio

#### NOTAS:

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



Av. Túpac Amaru N. 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú  
Teléfono: (511) 381-3343 Central Telefónica: (511) 481-1070 Anexo: 306  
www.lem.uni.edu.pe / lem@uni.edu.pe



## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 12 - Ensayo Resistencia a Flexión a 28 días



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
A : COSAPI S.A.  
"MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO"  
Obra : POBLADO SAN CRISTOBAL DE CHUPÁN  
Ubicación : CHUPÁN - HUACHIS - WARI - ANCASH  
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Flexión con cargas a los tercios del tramo  
Expediente N° : 15-3637  
Recibo N° : 47518  
Fecha de emisión : 27/10/2015

1. DE LA MUESTRA : 08 Vigas de concreto con medidas aproximadas de 15x15x60cm

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal ALFRED J. AMSLER.  
Certificado de Calibración SNM: CMC-100-2015.

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.078:2012.

4. RESULTADOS :

MUESTRAS	FECHA DE ENSAYO	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			Ubicación de la fractura	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
M-1	23/10/2015	54.0	60.0	15.3	15.4	Tercio central	3000	45.0
M-2	23/10/2015	54.0	60.0	15.3	15.1	Tercio central	2600	40.0
M-3	23/10/2015	54.0	60.0	15.4	15.2	Tercio central	2500	38.0
M-4	23/10/2015	54.0	60.0	15.5	15.2	Tercio central	2000	30.0
M-5	23/10/2015	54.0	60.0	15.5	15.5	Tercio central	2650	38.5
M-6	23/10/2015	54.0	60.0	15.3	15.2	Tercio central	2950	45.5
M-7	23/10/2015	54.0	60.0	15.5	15.2	Tercio central	2750	41.5
M-8	23/10/2015	54.0	60.0	15.5	15.2	Tercio central	2700	41.0

\* La hora de ensayo fue a las 10:00 horas.

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ms. Ing. A. Torre C.  
Técnico : Sr. V. G. R.



*[Firma]*  
Ms. Ing. Ana Torre Cárrillo  
Téc. (e) del laboratorio

#### NOTAS:

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





Av Túpac Amaru N° 210 Lima 25. Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 381-3343 Central Telefónica: (511) 481-1070 Anexo: 306  
www.lem.uni.edu.pe / lem@uni.edu.pe



## ANEXO 02: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑO DE MEZCLA

### Ensayo 13 - Diseño de Mezcla del concreto (Método ACI)

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO					
OBRA : PISTAS Y VEREDAS DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN CANTERA : HUACHIS FRETE : CEMENTO : 8.0 BOLSAS AG. FINO : AG. GRUESO :	Nº REGISTRO : TÉCNICO : ING. RESP. : FECHA : 25/09/2015 HECHO POR : DISEÑO :						
CONCRETO: $f'c = 235 \text{ Kg/cm}^2$		MORTERO:					
CARACTERIST.	PESO ESPECÍFICO K/M <sup>3</sup>	MÓDULO DE DE FINEZA	HUMEDAD NATURAL %	PORCENTAJE DE DE ABSORCIÓN	PESO SECO SUELTO K/M <sup>3</sup>	PESO SECO COMPACTADO K/M <sup>3</sup>	TAMAÑO MÁXIMO
CEMENTO	3110	--	--	--	1500	1732	2"
ARENA ZARAND.	2641	2.82	3.30	1.46	1732	1809	
AGREG. GRUESO	2660	0.00	0.80	1.10	1730	1822	
VALORES DE DISEÑO							
1) $f'_{cr}$ Kg/cm <sup>2</sup> :	320	6) RELACION DE A/C:		0.536			
2) ASENTAMIENTO:	3" a 4"	7) AGUA		184	LT.		
3) TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:	1 1/2"	8) AIRE INCORPORADO		SI			
4) CON AIRE INCORPORADO	Si						
5) VOL. DE AGREG. GRUESO:	0.484						
% DE ADITIVOS EN BASE PESO DEL CEMENTO:							
<input type="button" value="Ingresar Agua"/> <input type="button" value="Interpoliar Rel A/C"/>							
<input type="button" value="Porcentaje de Agregado"/>							
FACTOR CEMENTO:	343	k/m <sup>3</sup>			0.4835		
CANTIDAD DE AGREG. GRUESO:	881	k/m <sup>3</sup>			0.6956	0.3311	881
CANTIDAD DE AGREG. FINO ZARAND:	963	k/m <sup>3</sup>			0.3645	0.6689	963
							1844
VOLUMEN ABSOLUTO DE CEMENTO:	0.110	m <sup>3</sup>					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AGUA:	0.184	m <sup>3</sup>					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AIRE:	0.010	m <sup>3</sup>					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AG. GRUESO:	0.331	m <sup>3</sup>					
SUMA VOLUMEN ABSOLUTO DE AG. :	0.635	m <sup>3</sup>					
SUMATORIA DE VOLUMEN ABSOLUTO:	0.635	m <sup>3</sup>					
VOLUMEN ABSOLUTO DE AG. FINO ZARAND:	0.365	m <sup>3</sup>					
TOTAL:	1.000						
CANTIDAD DE MATERIALES				COEFICIENTE DE APORTE			
CEMENTO:	343	k/m <sup>3</sup>			8.08	bol/m <sup>3</sup> c	
AGUA:	184	l/m <sup>3</sup>			44.6	gln/m <sup>3</sup> c	
AGREGADO FINO ZARAND:	963	k/m <sup>3</sup>			0.56	m <sup>3</sup> a/m <sup>3</sup> c	
AGREGADO GRUESO:	881	k/m <sup>3</sup>			0.51	m <sup>3</sup> p/m <sup>3</sup> c	
CORRECCION POR HUMEDAD				CONTRIBUCION DE LOS AGREGADOS			
FINO ZARA. HUM:	995	k/m <sup>3</sup>	AGREGADO FINO ZARAND:		1.84	%	
GRUESO HUM.:	888	k/m <sup>3</sup>	AGREGADO GRUESO:		-0.30	%	
			VOLUMEN DE AGUA:		15.04	%	
			AGUA DE MEZ. CORREG. POR HUM.:		169	lt/m <sup>3</sup>	
CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDAS POR METRO CUBICO				VOLUMEN APARENTE EN PIE3			
CEMENTO:	343	k/m <sup>3</sup>			8.08		
RANGO DE AGUA:	169	l/m <sup>3</sup>			20.92		
AGREG. FINO HUMEDO ZARAN:	995	k/m <sup>3</sup>			20.28		
AGREG. GRUESO HUMEDO:	888	k/m <sup>3</sup>			18.12		
PROPORCION EN PESO				PROPORCION EN VOLUMEN PIE3			
Cemento :	1	Bolsa		Cemento :	1	Bolsa	
Agua :	0.492	lt		Agua :	20.92	lt/bols.	
Aren Zar :	2.9	Kg		Aren Zar :	2.51	pie <sup>3</sup> /bols.	
Grava :	2.6	Kg		Grava :	2.24	pie <sup>3</sup> /bols.	
				WR 91 :	0.250%		
				Airmix :	0.025%		



## ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

### Cuadro 01 - Cuadro Resumen de Ensayos de Laboratorio del Material Inadecuado Nivel de Subrasante



PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN - HUACHIS - HUARI - ANCASH"



#### CUADRO RESUMEN DEL MATERIAL INADECUADO NIVEL DE SUBRASANTE

#### CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ITEM	TRAMO		MUESTREO	JIRON	LONGITUD M.	PROF. DE CALICATA	LADO	CALICATA	% QUE PASA EL TAMIZ												CONST. FÍSICAS			CLASIFICACIÓN		HUMEDAD NATURAL	PRÓCTOR MODIF.		CBR AL 95% DE LA Max. Dens. Proctor	CBR A la Dens. Natural	% DE Mat. Org.		
	Km. INICIO	Km. FINAL							21/2"	2"	11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº50	Nº100	Nº200	LL	LP	IP		SUCS	AASHTO				MDS (g/cm <sup>3</sup> )	H OPT. (%)
1	00+000	00+030.00	00+000.00	CENTRAL	30.m	1.50 m	DERECHO	C-1	100.0	100.0	100.0	100.0	90.7	90.3	88.5	82.6	75.8	70.3	44.6	40.6	35.1	31.8	28	16	12	SC	A-2-6(1)	19.0	2.084	7.9	10.0	2.8	3.1
	00+000	00+030.00	00+030.00	CENTRAL	30.m	1.50 m	DERECHO	C-2	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	92.9	91.1	76.5	71.4	67.0	60.7	55.6	50.7	42.8	28	17	11	SC	A-2-6(2)	21.9	2.062	8.5			3.8
2	00+050	00+080.00	00+050.00	CENTRAL	30.m	1.50 m	IZQUIERDO	C-3	100.0	100.0	100.0	100.0	93.6	92.5	91.2	85.8	79.3	68.4	43.7	40.0	35.6	32.5	29	16	13	SC	A-2-6(1)	29.0	2.075	8.3	10.8	2.8	3.5
3	00+080	00+100.00	00+095.00	BOLIVAR	20.m	1.50 m	DERECHO	C-1	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	98.2	96.9	92.1	87.6	63.2	57.4	40.8	33.5	29	17	12	SC	A-2-6(1)	19.7	2.079	8.6	2.6	2.0	2.7	
4	00+250	00+295.00	00+250.00	BOLIVAR	45.m	1.50 m	DERECHO	C-2	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	97.0	96.7	94.7	89.9	87.4	71.2	66.4	54.0	49.0	24	14	10	SC	A-4(4)	18.3	2.012	9.2	2.5	1.9	3.2
5	00+430	00+460.00	00+440.00	BOLIVAR	30.m	1.50 m	DERECHO	C-3	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.8	99.6	99.5	99.0	98.5	96.3	95.8	94.9	94.3	32	20	12	CL	A-6(8)	21.6	2.046	11.1	2.5	2.0	6.8
6	00+000	00+038.00	00+010.00	INDEPENDENCIA	38.m	1.50 m	DERECHO	C-1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	96.2	94.0	77.3	73.8	64.9	54.8	27	17	10	CL	A-6(5)	23.2	1.965	11.2	5.2	1.8	3.9	
7	00+120	00+178.44	00+130.00	INDEPENDENCIA	58.m	1.50 m	IZQUIERDO	C-1	100.0	100.0	100.0	100.0	95.3	89.9	82.5	73.1	66.9	65.1	62.9	58.0	54.3	51.9	37	22	15	CL	A-6(5)	36.1	-	-	4.1	0.8	6.2
	00+120	00+178.44	00+165.00	INDEPENDENCIA	58.m	1.50 m	IZQUIERDO	C-2	100.0	100.0	100.0	100.0	98.9	94.1	78.3	71.4	69.2	67.0	62.1	58.1	54.5	38	22	16	CL	A-6(6)	32.2	1.561	12.5	6.8			

## ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

### Ensayo 01 - Análisis Granulométrico por Tamizado del Agregado fino

#### Mezcla Canteras de Chupan 50% y Gran Chaparral 50%

<b>COSAPI</b>		PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN- HUACHIS - HUARI-ANCASH"	
Cod: 29850-FC-ESU-01-A	Contrato N°: SNIP 217033	REV. 00	Hoja: 1 de 1

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

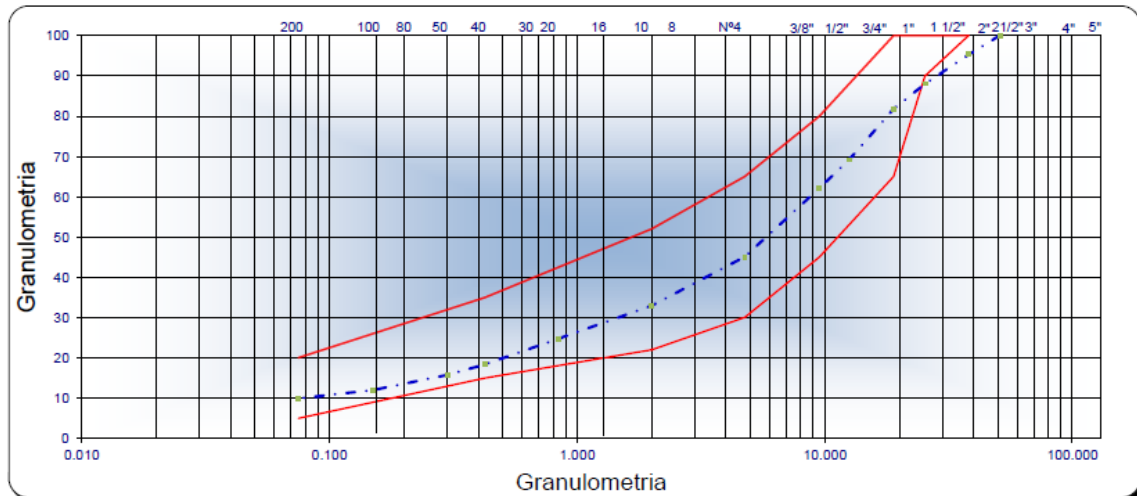
#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

#### DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : MATERIAL PARA AFRIMADO	
CANTERA : MEZCLA DE CHUPAN 50% Y GRAN CHAPARRAL 50%	
UBICACIÓN : Km.: 00+840 a 18 Km. LI	FECHA : 26/10/2015
LADO : IZQUIERDO	HECHO POR L.F.P
MUESTRA : M - 1	

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO RETENIDO	% RETENIDO		% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
	(mm)		PARCIAL	ACUMULADO			
7"	177.800						<b>Pesos de Muestra</b>
6"	152.400						Material Grueso > N° 4: (gr.) 13238
5"	127.000						Material Fino < N° 4: (gr.) 10431
4"	101.600						Peso total de la muestra (gr.) 23669.0
3"	75.000						Fracción Mat. Fino: (gr.) 866.0
2 1/2"	60.350						<b>Límites de Consistencia</b>
2"	50.800				100.0	100	Límite Líquido : 20 %
1 1/2"	38.100	1105.0	4.7	4.7	95.3	100 100	Límite Plástico : 16 %
1"	25.400	1715.0	7.2	11.9	88.1	90 100	Índice Plástico : 4 %
3/4"	19.000	1475.0	6.2	18.1	81.9	65 100	<b>Clasificación del Suelo</b>
1/2"	12.500	3010.0	12.7	30.9	69.1		Clasificación (SUCS) : GM - GC
3/8"	9.500	1662.0	7.0	37.9	62.1	45 80	Clasificación (AASHTO) : A-1-a (0)
N° 4	4.750	4038.0	17.1	54.9	45.1	30 65	Humedad Natural (%) 4.3
N° 10	2.000	233.3	12.1	67.1	32.9	22 52	Materia Orgánica (%) 0.6
N° 20	0.840	157.4	8.2	75.3	24.7		Máx. Dens. Del Proctor (gr/cm3) 2.240
N° 40	0.425	122.1	6.4	81.6	18.4	15 35	Humedad Óptima (%) 4.9
N° 50	0.300	49.5	2.6	84.2	15.8		Gravedad Específica (%) 1.324
N° 100	0.150	74.1	3.9	88.1	11.9		CBR al 100% de 0.1" (%) 96.9
N° 200	0.075	38.1	2.0	90.0	10.0	5 20	
< N° 200	FONDO	191.5	10.0	100.0			

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



## ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

### Ensayo 02 - Limites de Consistencia

#### Mezcla Canteras de Chupan 50% y Gran Chaparral 50%



PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN-HUACHIS - HUARI-ANCASH"



Cod: 29850-FC-ESU-02-A

Contrato N°: SNIP 217033

REV. 00

1

1

#### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

#### DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : MATERIAL PARA AFRIMADO  
 CANTERA : MEZCLA DE CHUPAN 50% Y GRAN CHAPARRAL 50%  
 UBICACIÓN : Km.: 00+840 a 18 Km. LI FECHA : 26/10/2015  
 LADO : IZQUIERDO HECHO POR L.F.P  
 MUESTRA : M - 1

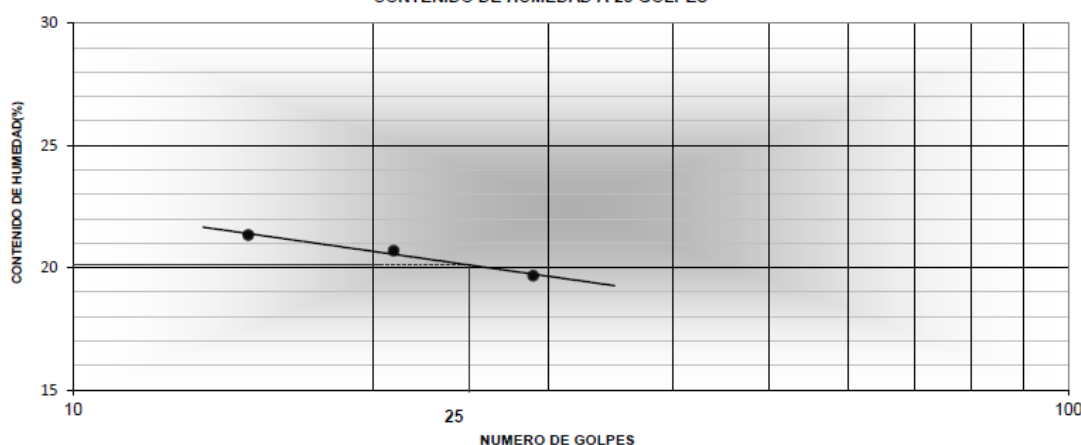
#### LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° TARA	T-01	T-03	T-04
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	46.35	48.40	47.55
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	41.40	44.33	43.70
PESO DE AGUA (gr.)	4.00	4.07	3.85
PESO DE LA TARA (gr.)	22.65	24.66	24.13
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	18.75	19.67	19.57
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	21.33	20.69	19.67
NUMERO DE GOLPES	15	21	29

#### LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° TARA	T-03	T-02	Promedio
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	21.12	14.38	
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	19.97	13.20	
PESO DE AGUA (gr.)	1.15	1.18	
PESO DE LA TARA (gr.)	12.85	6.11	
PESO DEL SUELO SECO (gr.)	7.12	7.09	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.15	16.64	16

#### CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



#### CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA



LIMITE LIQUIDO (%)	20
LIMITE PLASTICO (%)	16
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4

#### OBSERVACIONES


## ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

### Ensayo 03 - Limites de Consistencia

#### Mezcla Canteras de Chupan 50% y Gran Chaparral 50%

	PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN-HUACHIS - HUARI-ANCASH"	
Cod: 29850-FC-ESU-03-A	Contrato N°: SNIP 217033	REV. 00
	1	1

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



#### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

CONCEPTO	: MATERIAL PARA AFIRMADO		
CANTERA	: MEZCLA DE CHUPAN 50% Y GRAN CHAPARRAL 50%		
UBICACIÓN	: Km. 00+840, a 18 Km. LI	FECHA : 26/10/2015	
LADO	: IZQUIERDO	HECHO POR L.F.P	
MUESTRA	: M-1		
ENSAYO N°	1		
Nro. DE TARA	T-04		
PESO TARA + SUELO HUMEDO gr.	6382.0		
PESO TARA + SUELO SECO gr.	6119.0		
PESO DE LA TARA gr.	59.1		
PESO DEL AGUA gr.	263.0		
PESO SUELO SECO gr.	6059.9		
HUMEDAD %	4.3		
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	4.3		

**ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE**

**Ensayo 04 - Gravedad Especifica del Agregado Grueso**

**Mezcla Canteras de Chupan 50% y Gran Chaparral 50%**

	PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN- HUACHIS - HUARI-ANCASH"		
Cod: 29850-FC-ESU-00-A	Contrato N°: SNIP 217033	REV. 00	
		Hoja: 1 de 1	
<b>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO</b>			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
CONCEPTO : CALIDAD DE MATERIAL PARA AFIRMADO CANTERA : MEZCLA DE CHUPÁN 50% Y EL GRAN CHAPARRAL 50% UBICACIÓN : Km. 0.84 a 18 Km. <span style="float: right;">FECHA: 26/10/2015</span> LADO : IZQUIERDO <span style="float: right;">HECHO POR: L.F.P</span> MUESTRA : M - 1			
AGREGADO GRUESO	N° DE ENSAYO		
	1	2	3
A) Peso Material Saturado Superficialmente Seco (en el aire) gr.	1277.4	1293.2	
B) Peso Material Saturado Superficialmente Seco (en agua) gr.	792.0	806.2	
C) Volumen de Masa + Volumen de Vacios (= A-B)	485.4	487.0	
D) Peso de Material Seco gr.	1261.0	1276.0	
E) Volumen de Masa (= C- (A-D)	469.0	469.8	
P.E Bulk (base seca) (= D/C)	2.598	2.620	
P.E Bulk (base saturada) (= A/C)	2.632	2.655	
P.E Aparente (base seca) (= D/E)	2.689	2.716	
% Absorción =((A-D)/D)X100	1.3	1.3	
<b>PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO</b>	<b>2.644</b>		
<b>PROMEDIO DE ABSORCION</b>	<b>1.3</b>		

**ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE**

**Ensayo 05 - Contenido de Materia Orgánica (Pérdida de Ignición)**

**Mezcla Canteras de Chupan 50% y Gran Chaparral 50%**



PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN-HUACHIS - HUARI-ANCASH"



Cod: 29850-FC-ESU-04-A

Contrato N°: SNIP 217033

REV. 00

1

1

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (PÉRDIDA POR IGNICIÓN)**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 118, AASHTO T 267

**DATOS DE LA MUESTRA**

CONCEPTO : MATERIAL PARA AFRIMADO

CANTERA : MEZCLA DE CHUPAN 50% Y GRAN CHAPARRAL 50%

UBICACIÓN : Km.: 00+840 a 18 Km. LI

FECHA : 26/10/2015

LADO : IZQUIERDO

HECHO POR : L.F.P

MUESTRA : M - 1

ENSAYO N°	1			Promedio
Tara N°	T-04			
Peso de la tara y suelo seco, antes de ignición	gr. 44.40			
Peso de la tara y suelo seco, después de ignición	gr. 44.31			
Peso de materia orgánica	gr. 0.09			
Peso de la tara	gr. 29.15			
Peso del suelo seco neto	gr. 15.16			
Contenido de Materia orgánica	% 0.59			0.6

## ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

### Ensayo 06 - Proctor Modificado

#### Mezcla Canteras de Chupán 50% y Gran Chaparral 50%



**PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN-HUACHIS - HUARI-ANCASH"**



Cod: 29850-FC-ESU-01-A

Contrato N°: SNIP 217033

REV. 00

Hoja: 1 de 1

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

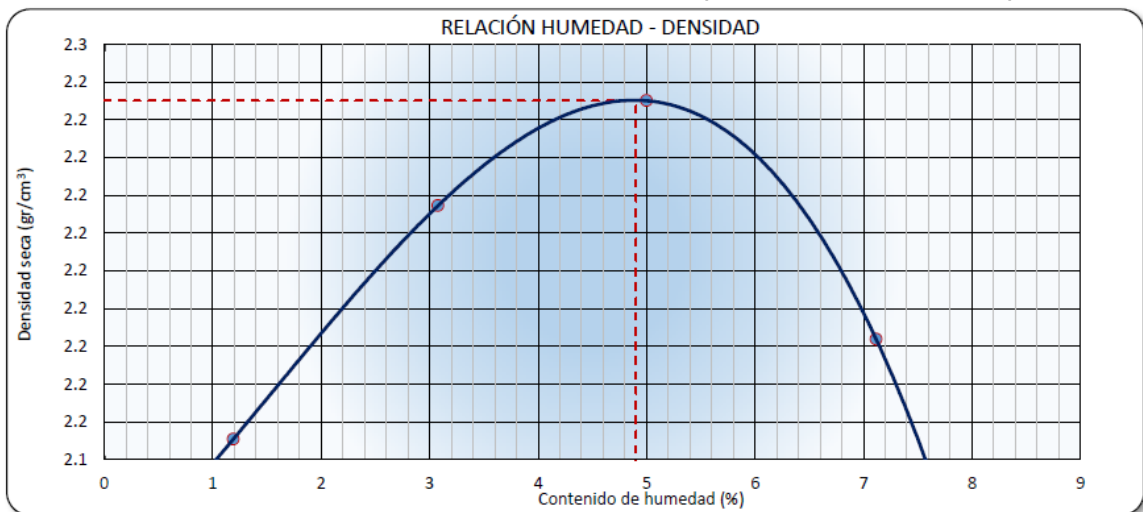
#### PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

#### DATOS DE LA MUESTRA

**CONCEPTO :** CALIDAD DE MATERIAL DE AFIRMADO  
**CANTERA :** MEZCLA DE CHUPAN 50% Y GRAN CHAPARRAL 50%  
**UBICACIÓN :** Km.: 00+840 a 18 Km **HECHO POR :** L.F.P  
**MUESTRA :** M - 01 **FECHA :** 26/10/2015

Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11380	11601	11753	11710	
Peso molde + base (gr)	6769	6769	6769	6769	
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4611	4832	4984	4941	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119	2119	2119	2119	
Peso volumétrico húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.176	2.280	2.352	2.332	
Tara N°	T-21	T-24	T-26	T-09	
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	722.5	790.6	720.3	659.3	
Peso del suelo seco + tara (gr)	714.0	767.0	686.0	615.5	
Peso de Tara (gr)	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua (gr)	8.5	23.6	34.3	43.8	
Peso del suelo seco (gr)	714.0	767.0	686.0	615.5	
Contenido de agua (%)	1.2	3.1	5.0	7.1	
Peso volumétrico seco (gr/cm <sup>3</sup> )	2.150	2.212	2.240	2.177	
<b>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</b>					<b>2.240</b>
<b>Húmedad óptima (%)</b>					<b>4.9</b>



# ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

## Ensayo 07 - Proctor Modificado

### Mezcla Canteras de Chupán 50% y Gran Chaparral 50%



PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN- HUACHIS - HUARI-ANCASH"



Cod: 29850-FC-ESU-01-A      Contrato N°: SNIP 217033      REV. 00      Hoja: 1 de 1

#### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

#### RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

#### DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : CALIDAD DE MATERIAL DE AFIRMADO  
 CANTERA : MEZCLA DE CHUPAN 50% Y GRAN CHAPARRAL 50%  
 UBICACIÓN : Km.: 00+840 a 18 Km. LI      HECHO POR : L.F.P  
 LADO : IZQUIERDO      FECHA : 26/10/2015  
 MUESTRA : M-1

#### COMPACTACIÓN

Molde N°	7		8		9	
	5		5		5	
N° Capas						
N° golpes por capa	58		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (gr)	12805		12130		11200	
Peso de molde + base (gr)	7786		7227		6650	
Peso del suelo húmedo (gr)	5019		4903		4550	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2135		2154		2072	
Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.351		2.276		2.196	
N° Tara						
Peso suelo húmedo + tara (gr)	553.0		641.0		745.0	
Peso suelo seco + tara (gr)	527.0		613.4		713.6	
Peso de tara (gr)	0.0		0.0		0.0	
Peso de agua (gr)	26.0		27.6		31.4	
Peso de suelo seco (gr)	527.0		613.4		713.6	
Contenido de humedad (%)	4.9		4.5		4.4	
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.240		2.176		2.103	

#### EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm <sup>2</sup> )	MOLDE N° 7			MOLDE N° 8			MOLDE N° 9				
		CARGA		CORRECCIÓN	CARGA		CORRECCIÓN	CARGA		CORRECCIÓN		
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg
0.000		0			0				0			
0.635		427.8			224.6				89.5			
1.270		753.2			569.3				205.9			
1.905		1110.7			787.4				339.6			
2.540	70.5	1425.6	1384.4	96.9	1023.7	1025.4	71.8		475.2	443.7	31.1	
3.810		1938.7			1467.5				654.3			
5.080	105.7	2385.7	2551.2	119.1	1902.6	1885.3	88.0		832.7	838.3	39.1	
6.350		3454.6			2245.6				1005.6			
7.620		4038.3			2618.5				1204.1			
10.600												
12.700												

Observaciones :      DIÁMETRO DEL PISTÓN = 5.08 cm  
 ÁREA DEL PISTÓN = 20.27 cm<sup>2</sup>



# ANEXO 03: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE

## Ensayo 08 - Relación Soporte de California (C.B.R)

### Mezcla Canteras de Chupán 50% y Gran Chaparral 50%



PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PISTAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO POBLADO DE SAN CRISTOBAL DE CHUPAN-HUACHIS - HUARI-ANCASH"



Cod: 29850-FC-ESU-01-A	Contrato N°: SNIP 217033	REV. 00	Hoja: 1 de 1
------------------------	--------------------------	---------	--------------

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

**RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

**DATOS DE LA MUESTRA**

CONCEPTO	: CALIDAD DE MATERIAL DE AFIRMADO	
CANTERA	: MEZCLA DE CHUPAN 50% Y GRAN CHAPARRAL 50%	
UBICACIÓN	: Km.: 00+840 a 18 Km. LI	
LADO	: IZQUIERDO	HECHO POR : L.F.P
MUESTRA	: M-1	FECHA : 26/10/2015



DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO	
PROCTOR MODIFICADO ASTM	: 1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	: 2.240
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 4.9
95% DE LA MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	: 2.128

PORCENTAJE DEL CBR				
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	45.6	0.2"	56.5
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	96.9	0.2"	119.0

Observaciones:

---



---



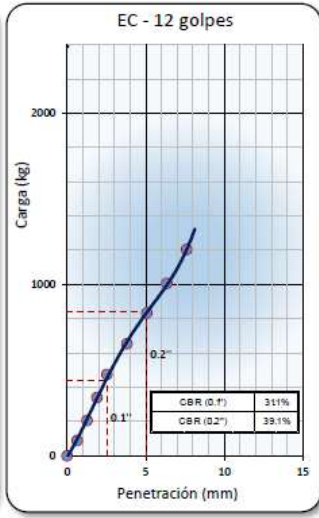
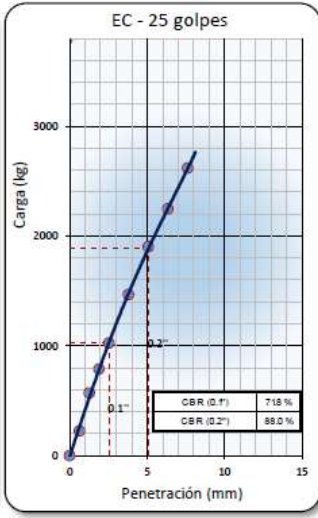
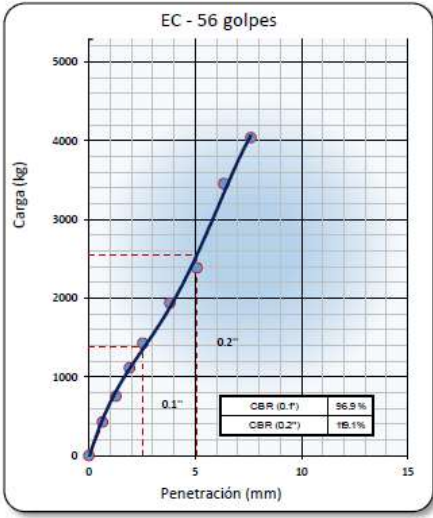
---



---



---



Observaciones : DIÁMETRO DEL PISTÓN = 5.08 cm  
AREA DEL PISTÓN = 20.27 cm<sup>2</sup>

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**VISTAS GENERALES**



**Centro Poblado San Cristóbal de Chupán**



**Plaza de Armas del C.P. San Cristóbal de Chupán**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**VISTAS GENERALES**



**Calles y accesos del Centro Poblado**



**Inicio de los trabajos en las Calles del Centro Poblado**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**CANTERA HUACHIS**



**Trabajos de Explotación de la Cantera Huachis**



**Vista Panorámica de la Cantera Huachis**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Probetas Cilíndricas y Viguetas**



**Bandejas para almacenar los agregados y cemento**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Selección del Agregado Grueso con lampa**



**Selección del Agregado Fino con lampa**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Pesaje del Agregado Grueso**



**Pesaje del Agregado Fino**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Colocación de los agregados a la mezcladora**



**Mezclado de los Aditivos con el agua**



**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Mezclado del Concreto**



**Mezclado del Concreto**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Toma de temperatura a la mezcla de concreto**



**Determinación del Slump**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Medición del Slump**



**Determinación del porcentaje de vacíos**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Hincado a la mezcla con varilla de acero dentro de las Vigas**



**Hincado a la mezcla con varilla de acero dentro de las Vigas**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Hincado a la mezcla con varilla de acero dentro de las probetas cilíndricas**



**Nivelado de la mezcla al borde del molde**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ELABORACION DEL CONCRETO**



**Probetas cilíndricas y Vigas con la mezcla de concreto**



**Desmoldado de las probetas cilíndricas y vigas**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
CURADO DEL CONCRETO**



**Colocación de las Vigas en la poza de curado**



**Colocación de las probetas cilíndricas en la poza de curado**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
CURADO DEL CONCRETO**



**Vigas de concreto dentro de la poza de curado**



**Poza de curado con las vigas y probetas cilíndricas**



**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
ENSAYO ROTURA A FLEXION**



**Máquina Universal Ensayo a Flexión**



**Laboratorio de Ensayos de Materiales Universidad Nacional de Ingeniería**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**ENSAYO ROTURA A FLEXION**



**Preparación de las Vigas de concreto**



**Colocación de las vigas en la maquina universal**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**ENSAYO ROTURA A FLEXION**



**Aplicación de la carga sobre la viga**



**Rotura de la Viga**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**ENSAYO ROTURA A FLEXION**



**Medición de la rotura de viga**



**Rotura de vigas**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
CALICATAS**



**Calicata C-1, Jr. Independencia**



**Calicata C-1, Jr. Independencia**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
CALICATAS**



**Calicata C-3, Jr. Simón Bolívar**



**Material de la Calicata C-3**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
CALICATAS**



**Calicata C-3, Jr. Simón Bolívar**



**Calicata C-3, Jr. Simón Bolívar**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO  
CALICATAS**



**Calicata C-4, Jr. Simón Bolívar**



**Calicata C-4, Jr. Simón Bolívar**



**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**ENSAYOS DE MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE**



**Muestreo del agregado**



**Secado del agregado**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**ENSAYOS DE MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE**



**Ensayo de Humedad**



**Ensayo de Humedad. Secado del material**

**ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO**  
**ENSAYOS DE MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE**



**Ensayo Limites de Consistencia**



**Ensayo Proctor y CBR**

## **ANEXO 05: FICHA TECNICA DE LOS ADITIVOS**



THE EUCLID CHEMICAL COMPANY  
19218 REEDWOOD ROAD - CLEVELAND OH 44110  
www.euclidchemical.com



## AIR MIX 200®

### AGENTE INCLUSOR DE AIRE PARA CONCRETO

**AIR MIX 200** es un aditivo líquido, a base de resinas tensoactivas modificadas, que incorporan una cantidad controlada de micro burbujas, de acuerdo con la dosis recomendada. **AIR MIX 200** es un producto libre de cloruros y cumple con la norma ASTM-C-260 como aditivo incorporador de aire.

#### PROPIEDADES

Apariencia	Líquido
Color	Ambar
Densidad	1.03 + 001 kg/l

#### APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto premezclado
- Concreto estructural
- Construcción de concreto masivo
- Concreto para pavimento
- Concreto para exteriores expuesto a condiciones de congelamiento y descongelamiento
- Concretos sometidos a bajas temperaturas

#### CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

##### Concreto Fresco

- Reduce la segregación del concreto
- Minimiza la exudación en el concreto
- Incrementa la cohesión en el concreto, reduciendo la vibración y el tiempo de colocación.
- Incrementa la trabajabilidad del concreto
- Permite reducciones de la relación A/C
- Incrementa el bombeo del concreto

##### Concreto endurecido

- Incrementa la resistencia química del concreto, (sales)
- Incrementa la impermeabilidad del concreto
- Protege al concreto de los ciclos de hielo-deshielo
- Se obtienen concretos con mejor apariencia (caravista)

**DOSIFICACION** : 0.02 ~ 0.07% del peso del cemento, incorporando del 3 – 5% de aire.

#### ESPECIFICACIONES/NORMAS

**AIR MIX 200** cumple o excede los requerimientos de las siguientes especificaciones:

- ASTM C-260
- AASHTO M-154

#### DIRECCIONES PARA SU USO

**AIR MIX 200** se suministra listo para su uso.

Debe mezclarse la cantidad dosificada de **AIR MIX 200** al agua de amasado, preferiblemente por medio de un dosificador manteniendo la mezcla en movimientos por espacio de 5 minutos.

Cuando utilice este producto con otros aditivos, estos se deben adicionar separadamente para asegurar una apropiada y mayor uniformidad de la mezcla.

**AIR MIX 200** es compatible con el reductor de agua WR-51, acelerante Accelguard 80 y el impermeabilizante Euco 1 PLUS.

Para un mejor comportamiento del incorporador de aire **AIR MIX 200** se debe tener especial cuidado en:

- Granulometría de la mezcla, especialmente para controlar partículas finas
- El contenido de aire no debe exceder del 6%
- El tiempo de mezcla, se debe incrementar en un 25% para obtener una mejor formación de micro burbujas

El contenido de aire incluido depende de:

- Temperatura ambiente
- Finura del cemento
- Asentamiento del concreto
- Relación agua : cemento
- Dosis de cemento por m<sup>3</sup>
- Relación agregados finos / agregados gruesos
- Tiempo de mezclado
- Tipo de mezclado

Se deben realizar ensayos previos con los materiales de obra para encontrar la dosis optima de **AIR MIX 200**

#### PRESENTACION

- Cilindro x 200 kg.
- Envase x 20 kg.
- Envase x 4 kg.

#### PRECAUCIONES

Consulte con su representante de Química Suiza los ajustes de dosificación adecuados cuando se utiliza ceniza volante, escoria o reductores de agua de alto rango.


Si el material se ha congelado, caliéntelo a 21°C y agite.

Agregue a la mezcla independientemente de otros aditivos.

**MANEJO Y ALMACENAMIENTO:**

**AIR MIX 200** dura 1 año en sus envases originales sellados y bajo techo.

Tiempo de almacenamiento: 1 año

	<p><b>CARIS s.r.l.</b> INGENIERIA Y SERVICIOS Av. Unión 821 - Miraflores - Arequipa ☎ (054) 229518 - Telefax (054) - 201231 E-mail : caris@terra.com.pe RUC: 2032820038 www.carisrl.com</p>	<p>*ADITIVOS PARA LA CONSTRUCCION *EQUIPOS DE INGENIERIA *EQUIPOS DE LABORATORIO</p>
---	---	--



THE EUCLID CHEMICAL COMPANY  
19218 REEDWOOD ROAD - CLEVELAND OH 44110  
www.euclidchemical.com



## EUCO WR 91®

### ADITIVO REDUCTOR DE AGUA - ASTM TIPO A

**EUCO WR 91** es un aditivo líquido, reductor de agua y plastificante para concreto, **EUCO WR 91** demuestra mejores características de fraguado y acabado comparado con otros aditivos reductores de agua tipo A. **EUCO WR 91** puede ser utilizado en gran rango de dosificaciones. **EUCO WR 91** no contiene cloruro de calcio u otros ingredientes potencialmente inductores de corrosión.

#### PROPIEDADES:

Apariencia : Líquido  
Color : Café  
Densidad : 1.194 kg./ft.

#### APLICACIONES PRINCIPALES

**EUCO WR 91** Tiene los siguientes usos principales:

#### Como plastificante:

Al ser adicionado en una mezcla de concreto incrementa el asentamiento sin necesidad de aumentar la cantidad de agua, obteniendo concretos fluidos aptos para una buena colocación de concretos caravista y elaboración de elementos prefabricados.

#### Como reductor de agua:

Incorporado en la mezcla de concreto puede reducir el agua de diseño hasta en un 12% manteniendo constante el asentamiento y logrando altas resistencias en todas las edades, consiguiendo concretos más impermeables y durables.

#### Como ahorrador de cemento:

Cuando se reduce el requerimiento de agua en la mezcla de concreto, se puede reducir las cantidades de cemento, haciendo concretos de buena calidad a bajo costo.

#### CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

##### Concreto Plástico

Mejora las labores de acabado  
Mejora la trabajabilidad  
Reduce los requerimientos de agua  
Reduce la segregación

Mejora los tiempos de fraguado

##### Concreto Endurecido

Mejora todas las resistencias  
Reduce la permeabilidad  
Mejora la apariencia del acabado  
Reduce el agrietamiento  
Mejora la durabilidad  
No mancha  
Es compatible con agentes inclusores de aire

#### RENDIMIENTO :

La dosificación de **EUCO WR 91**, varía entre el 0,2% al 0.4% del peso del cemento empleado en la mezcla.

#### INFORMACION TECNICA

##### Resultados Típicos de Ingeniería

##### Resultados de Resistencia

Comparado con la mezcla de concreto testigo

<u>Edad de Prueba</u>	<u>Resistencia a la Compresión</u>	<u>Resistencia a la Flexión</u>
3 días	124%	113%
7 días	119%	108%
28 días	118%	104%

Cambio de Tiempo de Fraguado- Inicial+20 min.  
Final +20 min.

El tiempo de fraguado variará con la tasa de dosificación, el diseño de mezcla y las temperaturas ambientales.

#### ESPECIFICACIONES/NORMAS

**EUCO WR 91** cumple la norma ASTM G494, Tipo A

#### DIRECCIONES PARA SU USO

**EUCO WR 91** se suministra listo para uso. Se adiciona a las mezclas diluido en el agua de amasado. No debe entrar en contacto con cemento seco u otros aditivos hasta que éstos hayan sido incorporados en la mezcla del concreto. **EUCO WR 91** se dosifica con equipo automático, asegurando así la uniformidad del aditivo utilizado a través de la obra

Si se desea acelerar y aumentar las resistencias del concreto y reducir la permeabilidad, deberá disminuirse el agua de amasado y realizar

ensayos de asentamiento. La máxima cantidad de agua a reducir se logra cuando se llegue al mínimo asentamiento permitido.

#### **PRESENTACION**

**EUCO WR 91** se ofrece en cilindros de 250 kg. (55 glns) y envases de 20 kg. (5 glns).

#### **PRECAUCIONES PARA SU USO**

Se deben tomar precauciones para mantener **EUCO WR 91** sobre el punto de congelamiento ;sin embargo, el congelamiento y subsecuente descongelamiento no dañará el material si éste se agita completamente. Nunca lo agite con aire o lanza de aire. Agregue a la mezcla independientemente de otros aditivos.

#### **MANEJO Y ALMACENAMIENTO**

El producto debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y bajo techo. Tiempo de almacenamiento: 1 año.



**CARIS s.r.l.**

INGENIERIA Y SERVICIOS  
Av. Unión 821 - Miraflores - Arequipa  
☎ (084) 226918 - Telefax (084) - 201231  
E-mail - caris@caris.com.pe  
RUC. 2032820038  
www.carissrl.com

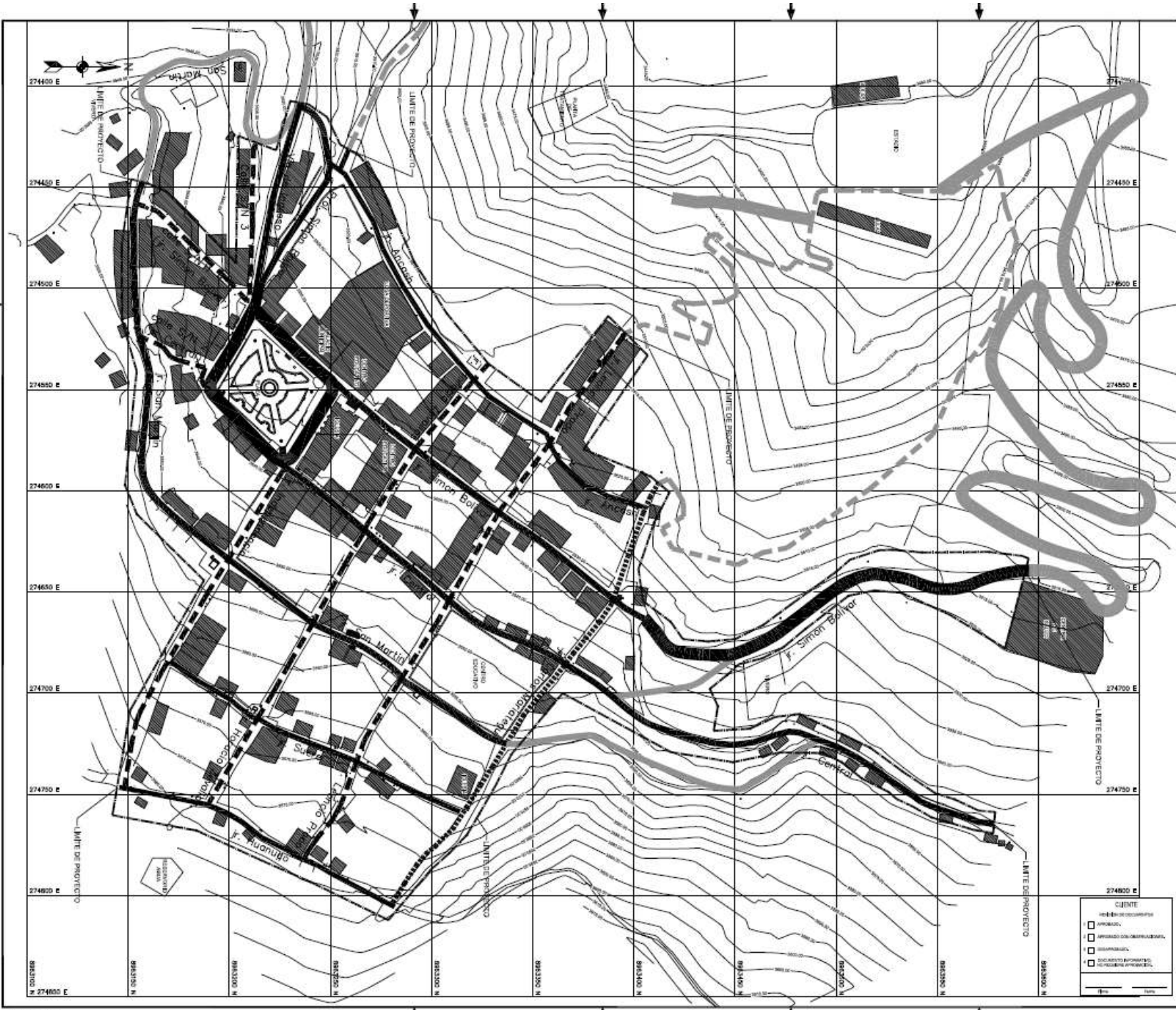
\*ADITIVOS PARA LA CONSTRUCCION

\*EQUIPOS DE INGENIERIA

\*EQUIPOS DE LABORATORIO

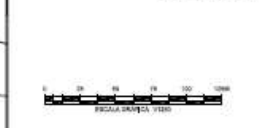


**ANEXO 06: PLANO GENERAL CENTRO POBLADO SAN CRISTÓBAL DE  
CHUPÁN**



Nota:  
 Ver escala en Croquis en metros  
 CROM97-ET-PL-4-0200 y CROM97-ET-PL-4-0201

- LEYENDA**
- VIA PEATONAL (pendientes de 0-10%)
  - VIA PEATONAL (pendientes de 10-25%)
  - VIA SENDERO DE ANIMALES (pendientes de 20-25%)
  - PAVIMENTO VIA VEHICULAR MIXTA
  - VIAS FUERA DEL ALCANCE
  - EDIFICACIONES EXISTENTES
  - LIMITE DE ALCANCE DEL PROYECTO



REVISIONES	
FECHA	DESCRIPCION

AUTORIZACIONES	
FECHA	DESCRIPCION

Elaborado por:  Aprobado por:  No Aprobado



MEJORAMIENTO DE VÍAS Y VEREDAS DE LA ZONA URBANA DEL CENTRO PUEBLANO DE SAN CRISTÓBAL DE CHUPAN, HUACHIS - HUARI - ANCASH

EXPEDIENTE TÉCNICO

PROPUESTA URBANA GENERAL



ESCALA: 1/250  
 FECHA: 01/2015  
 CROM97-ET-PL-4-0200