



PROYECTO PILOTO DE
TRANSFERENCIA TECNOLOGICA



Proyecto No. 1:

**Propuesta de Control de Calidad y pago de Obra
Ejecutada en Obras Viales**



2000

Indice

No.	Título	Página
1	Fundamentos del modelo	1
2	Lineamientos generales	4
3	Metodología para control y pago en función de la calidad de mezcla asfáltica	11
4	Metodología para control y pago en función de la calidad de los tratamientos superficiales	46
5	Metodología para control y pago en función de la calidad de la base granular	54
6	Metodología para control y pago en función de la calidad de la sub-base granular	71
7	Metodología para control y pago en función de la base estabilizada con cemento	87
8	Metodología para control y pago en función de la calidad de las losas de concreto	102
9	Metodología para control y pago en función de la calidad de las excavaciones y terraplenado	122

- 20.- Thenoux Z., Guillermo
Calidad Total en Obras Viales. Apuntes del Curso.
Pontificia Universidad Católica de Chile, 1999
- 21.- David V. Huntsberger, P. Billingsley
Elements of Statistical Inference. Fourth Edition
Allyn and Baron Inc., Boston 1977
- 22.- Albert H. Bowker, G.J. Lieberman
Estadística para Ingenieros
Prentice Hall, 1972.
- 23.- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. PG-3
Ministerio de Fomento
España 2000
- 24.- Quality Managment of Hot Mix Asphalt,
American Standart of Testing and Materials, SPT 1299
Decker, Dale, 1996
- 25.- Standar Specification for Road and Bridge Construction,
Department of transportation, New Jersey, 1989
- 26.- Standar Specifcations for Road and Bridge Construction,
Department of Transportation, State of Georgia,
Georgia, 1991

Capítulo 1: Fundamentos del Modelo

Los procesos constructivos en carreteras, deben cumplir con parámetros de calidad previamente definidos en los términos contractuales, esto por cuanto el precio de un ítem tiene implícito el nivel de calidad pactado en el contrato, mismo que se alcanzará con mayor o menor éxito, según sea el control de calidad con que el Contratista ejecuta el proceso constructivo. Es obvio que el precio de un bien depende de la calidad de éste.

Por lo indicado anteriormente se deduce lo siguiente:

- i. El precio de un ítem varía en función de su nivel de calidad, y ese nivel de calidad está supeditado a la metodología con que se ejecute y controle el proceso.
- ii. Técnicamente, se pueden aceptar lotes de producción de un ítem de obra que no cumplan rigurosamente con el nivel de calidad pactado en el contrato, siempre y cuando se cumpla con las siguientes premisas:
 - Aunque el nivel de calidad del ítem es inferior a lo pactado, el impacto que tal deficiencia ocasiona en el desempeño y en la pérdida de durabilidad de la obra es técnicamente aceptable.
 - Se acepta un lote de un ítem de pago con calidad inferior a lo pactado, pero a precio reducido, pues según se señaló anteriormente, tal condición no concuerda con el nivel de calidad pactado en el contrato.
 - Existe un límite máximo aceptable de pérdida en el nivel de la calidad, a partir del cual, desde el punto de vista técnico, el trabajo ejecutado es inaceptable (se rechaza), y por lo tanto, el Contratista debe nuevamente realizar el trabajo que fue rechazado, por su cuenta y riesgo, y sin adiciones de plazo por este concepto. Este trabajo será nuevamente sometido a evaluación del nivel de calidad, para definir respecto a su aceptación y pago.

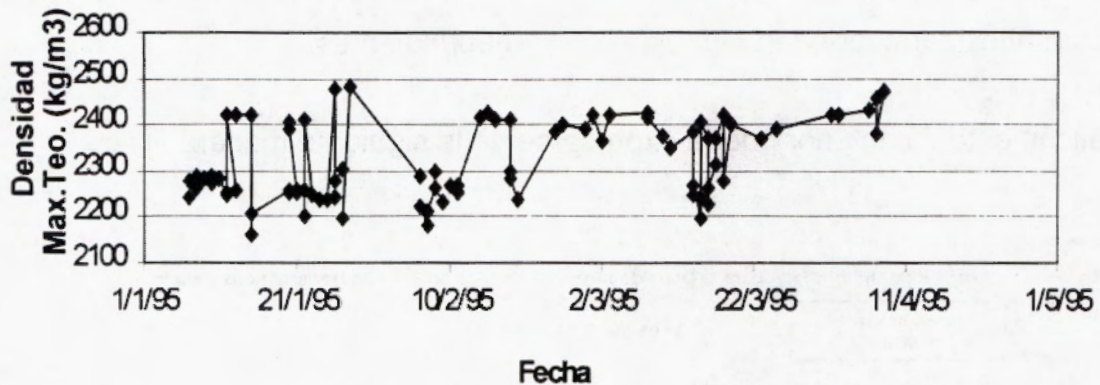
BIBLIOGRAFIA

- 1.- ASTM. American Society of Testing Materials.
Hot Mix Asphalt Construction.
Certification and Accreditation Programs.
Scott S. and James S.M. Editors 1999
- 2.- Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica.
Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes. C.R -. 77
San José, Costa Rica, 1978.
- 3.- Ministerio de Obras Públicas de Chile.
Especificaciones Técnicas Generales.
Manual de Carreteras. Volumen 5.
Santiago, Chile, 1997.
- 4.- Florida Department of Transportation.
Standar Specifications for Road and Bridge Construction, 1999
Florida 1999.
- 5.- State of California.
Department of Transportation.
Standar Specifications, 1995.
Caltrans 1995.
- 6.- Commonwealth of Puerto Rico.
Department of Transportation and Public Works.
Highway Authority. 1989.
- 7.- North Carolina Department of Transportation.
Standar Specifications for Roads and Structure
Raleigh, 1995.
- 8.- Ministry of Transportation and Highways.
Standar Specifications for Highway Construction.
British Columbia
Canadá 1999.
- 9.- Eight International Symposium on Concrete Roads.
Quality Assurance and Specifications.
Portugal, 1998.

- ii. Debe quedar claramente establecido en los documentos contractuales, que el Contratista es el único responsable de la calidad con que se ejecuta cada ítem de la obra, por lo tanto, debe diseñar y ejecutar el sistema de control de calidad necesario para garantizar la uniformidad y los estándares de calidad que exigen los términos contractuales.
- iii. Es responsabilidad de la Administración establecer los mecanismos de verificación que garanticen que la obra ejecutada es conforme en calidad, impacto ambiental, seguridad, precio y plazo con las condiciones pactadas en el contrato.

Desde el punto de vista del control de calidad el Contratista debe indicar en la oferta técnica, de forma específica, el esquema organizativo del sistema de calidad para la ejecución del proyecto, en donde debe indicar claramente, las funciones, responsabilidades y atribuciones de los funcionarios asignados al control de calidad, con indicación clara del profesional responsable de la calidad.

**Gráfico de Seguimiento Histórico para la Densidad Máxima Teórica,
PLANTA ACOSOL
Resultados Laboratorio del MOPT,
Proyecto Barranca-Arizona**



Al introducir los valores de la base de datos en el programa de análisis estadístico Spec, se determinan tres tramos homogéneos en la producción anterior.

Los tramos homogéneos corresponden a poblaciones estadísticamente diferentes, por lo tanto, implican variaciones sustanciales en las características del pavimento que se va a colocar. Los tramos mencionados son:

Fecha		No. Datos	Máxima Teórica	Desviación	Máxima Teo.
de	a		Media	Estándar	Diseño
7/1/95	11/2/95	47	2281.9	74.8	NI
14/2/95	8/3/95	14	2378.3	61.2	NI
8/3/95	8/4/95	25	2354.8	77.7	NI

Con la distribución ANOVA se calculará el valor del estadístico F para todos los datos y se comprobará si realmente son poblaciones independientes.

- el monto a pagar o en su defecto, el rechazo del trabajo realizado en el periodo.
- vii. La Administración definirá los requerimientos mínimos que debe cumplir el laboratorio del Contratista (instalaciones, equipo, aspectos operativos y de recurso humano), para ser aceptado como laboratorio para el control de calidad en proyectos de carreteras.
 - viii. La Administración tiene la potestad de auditar los laboratorios de Contratista en el momento que lo estime oportuno, y evaluar sus procedimientos de ensayo así como los equipos que utiliza para llevar a cabo dichos ensayos.
 - ix. Para el trámite de cada estimación de obra para pago, el Contratista debe presentar un informe de laboratorio, debidamente suscrito por el profesional responsable de la calidad, según el contrato, que demuestre el fiel cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y de control que especifique el cartel, con estricto apego a las frecuencias y normas de ensayo que se indiquen, de tal forma que demuestre que los materiales y procesos que utilizó para realizar el trabajo que está sometiendo al trámite de estimación para pago de obra, cumplen en su totalidad con los parámetros de aceptación y calidad que establece el cartel. Además, dicho informe debe contener la información que demuestre fehacientemente, según corresponda, que los trabajos ejecutados cumplen con todos los requerimientos geométricos (ancho, espesor, peraltes, sobre-anchos, deformaciones superficiales, alineamientos, geometría del prisma, inclinación de taludes, etc)
 - x. La Administración se reserva el derecho a realizar ensayos de verificación, cuando lo estime conveniente, y en caso de detectarse algún incumplimiento se detiene de inmediato el proceso constructivo por incumplimiento de uno o más parámetros de aceptación o calidad especificados en el cartel y se procederá de la siguiente forma:
 - El Contratista debe corregir el incumplimiento detectado, previo a reiniciar los trabajos.

donde

σ^2 = Segunda estimación de la variancia dentro de la población, basada en la variación dentro de las muestras.

n_j = Tamaño de la j-ésima muestra

s_j^2 = Variancia muestra j de la j-ésima muestra k = Número de muestras

n_T = Tamaño total de la muestra.

2.3.6 La Prueba de Hipótesis F

El paso que sigue en el análisis de variancia compara las estimaciones de la variancia de la población determinando su razón, denominada F, como sigue:

$$F = \frac{\text{Variancia entre Medias Muestrales}}{\text{Variancia dentro de las Muestras}}$$

Si el **numerador** \ll **denominador**, implica que hay más posibilidades de aceptar la hipótesis nula.

Si el **numerador** \gg **denominador**, implica que hay más posibilidades de aceptar la hipótesis alternativa.

2.3.6 La Distribución F y el Uso de la Tabla F

El uso de la tabla F, genera el **valor máximo** requerido para aceptar la hipótesis nula, como se indica en la figura 2.

La tabla F, está identificada por un par de grados de libertad; el primer número se refiere al número de *grados de libertad del numerador* de la razón F, y el segundo denota los *grados de libertad del denominador*.

correrán por cuenta del Contratista. En el cartel se indicará el procedimiento a seguir para ejecutar esta disposición.

xv. Para la aplicación de esta metodología de pago en función de la calidad, se establecen tres tipos de parámetros de calidad:

- Parámetros de aceptación
- Parámetros de control
- Parámetros para pago

a) Parámetros de aceptación

Estos parámetros corresponden a todas aquellas exigencias del cartel respecto a la calidad que debe cumplir la materia prima, tanto de forma individual como posterior a los procesos a que sea sometida; previo a su aceptación para la colocación en la obra y durante el proceso constructivo.

Es responsabilidad del contratista garantizar que todos estos parámetros se cumplan a satisfacción durante todo el proceso constructivo, por tanto no se puede iniciar una obra si no se cumple con todos estos requerimientos de aceptación.

Una vez que el Contratista inicia el proceso de producción debe continuar realizando los ensayos de aceptación, por tanto este conjunto de pruebas se sumarán a los ensayos de control durante el proceso constructivo.

Si en algún momento, durante el proceso constructivo se incumple con alguno de estos requerimientos de calidad (parámetros de aceptación), el trabajo que se ejecuta se suspende de inmediato, y la Administración analizará retroactivamente el incumplimiento detectado, para definir respecto a la cantidad de obra ejecutada bajo incumplimiento de los parámetros de aceptación, y de este modo determina la cantidad de trabajo a rechazar. Este análisis se hará siguiendo los lineamientos del punto (x) de este mismo capítulo.

2.3.2 Formulación de Hipótesis

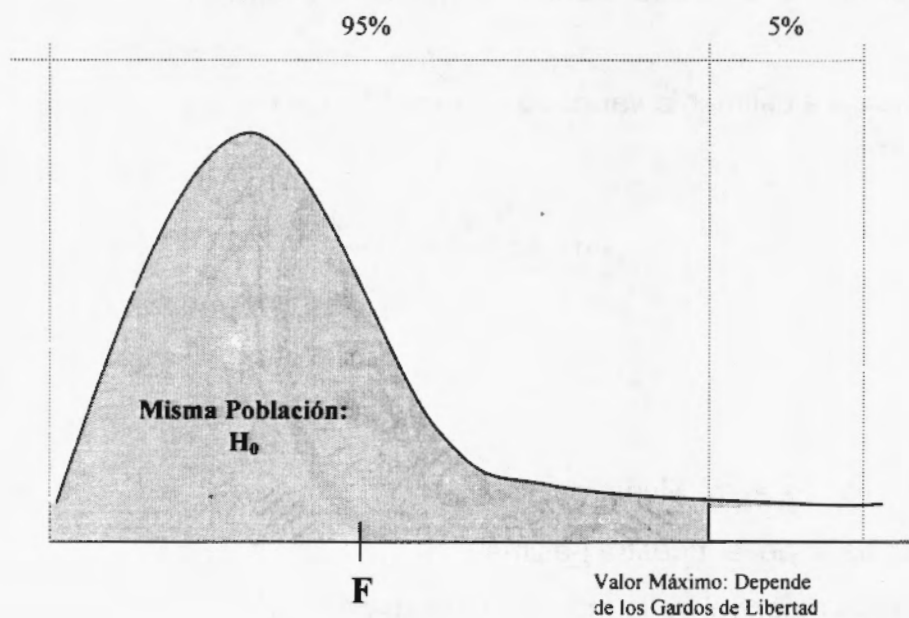
$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_i$$

Las muestras pertenecen a la misma población

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_i$$

No hay suficiente evidencia para demostrar que las Muestras pertenecen a la misma población (Las poblaciones son diferentes)

Gráficamente lo anterior puede explicarse de la siguiente manera:



Si $F > \text{Valor Máximo}$, implica que las muestras corresponden a poblaciones diferentes.

Si $F < \text{Valor Máximo}$, implica que las muestras corresponden a la misma población.

El cartel de licitación puede establecer la lista mínima de ensayos de control a realizar por el Contratista, así como la frecuencia mínima de éstos, no obstante, si la Administración exige un mínimo de ensayos de control, siendo que la calidad y la uniformidad del proceso constructivo son responsabilidad única del Contratista, será éste quien decida en última instancia el número y tipo de ensayos que se requiere adicionar a los mínimos que defina la Administración, según las características propias de cada proyecto o del propio proceso constructivo que de forma específica requiere cada proyecto en particular.

c) Parámetros para pago

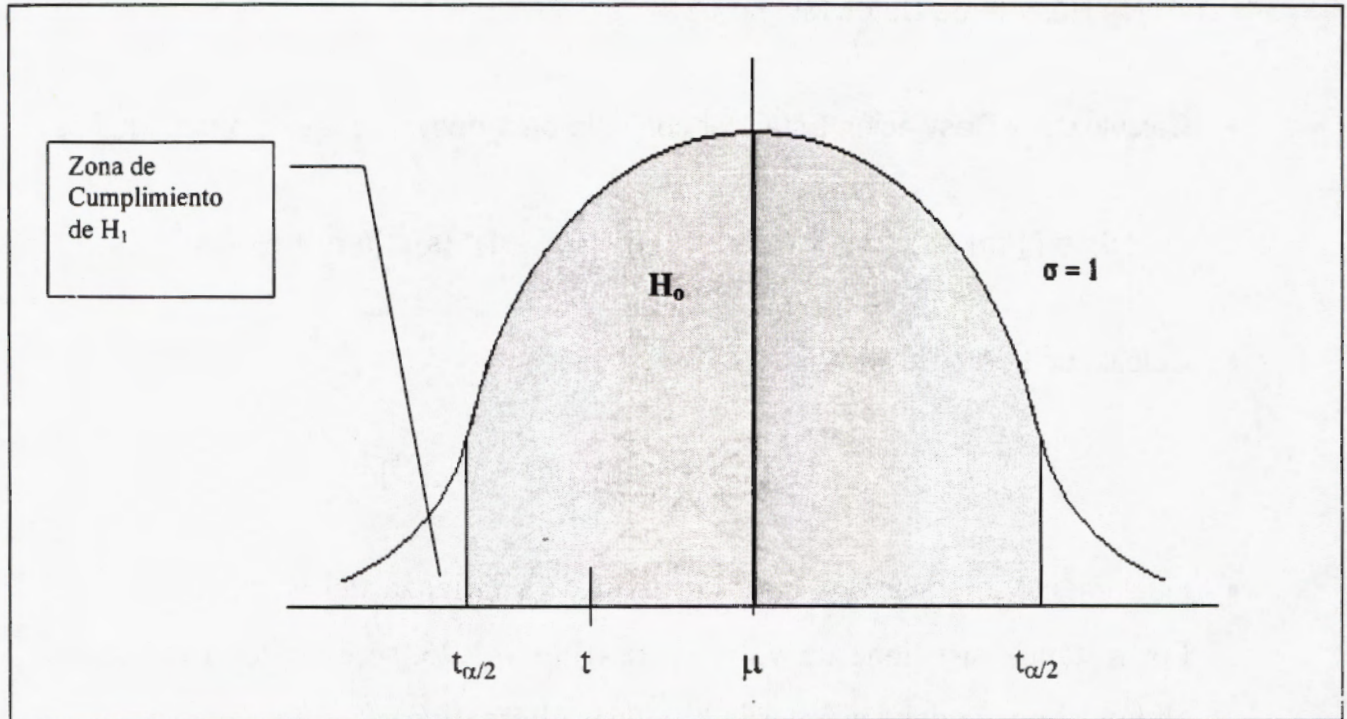
En cada ítem se definirán los parámetros con que se medirá el nivel de cumplimiento del trabajo realizado durante un período de estimación de obra para el pago. En virtud de que el Contratista debe ejecutar la obra siguiendo procesos uniformemente controlados, estos ensayos se realizarán tomando muestras distribuidas a criterio de la Administración, sobre el lote de producción de dicho período de estimación y sus resultados se contrastarán con las especificaciones del contrato, siguiendo la metodología para pago de obra, que adelante se detalla.

Adicionalmente, según se indicó, la Administración tiene la potestad de verificar, utilizando el procedimiento que estime conveniente y en el momento que lo estime oportuno, los parámetros de aceptación y control de cualquier proceso de producción.

Además del cumplimiento permanente de todos los parámetros de aceptación, para ejecutar un trabajo se debe cumplir conjuntamente con todos los requisitos y condiciones que establece el cartel y la buena práctica de la ingeniería, por ejemplo:

- Metodología para la ejecución de los trabajos
- Condiciones de seguridad y de control de tránsito

Comparación de Medias de Poblaciones



Si $t > t_{\alpha/2}$, implica que las muestras corresponden a poblaciones diferentes.

Si $t < t_{\alpha/2}$, implica que las muestras corresponden a la misma población.

2.2.3 Procedimiento de Cálculo

- Se calcula el promedio y la desviación estándar para cada una de las muestras.

Donde:

X_1 : Promedio de Muestra 1

S_1 : Desviación Estándar de la Muestra 1

N_1 : Número de Datos Muestra 1

Capítulo 3: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Mezcla Asfáltica

3.1 Requerimientos previos

3.1.1 El diseño de mezcla

- i. El diseño de mezcla es un informe profesional que debe tener el formato de un reporte de esta naturaleza (índice, empastado, páginas numeradas, etc.), debe presentarse suscrito por el profesional responsable de dicho informe, y tiene que cumplir con los requerimientos que para tal propósito establece la Administración.
- ii. Definición de "diseño de mezcla": Consiste en la fórmula de proporcionamiento de los diferentes componentes de la materia prima y los aditivos con que se va a producir la mezcla asfáltica del proyecto.
- iii. Definición de fórmula de trabajo. Una vez que el diseño de mezcla está debidamente aceptado por parte de la Administración, de inmediato, el Contratista debe reproducir esa fórmula en su planta de producción de mezcla, y en el caso de que el proporcionamiento de los materiales especificados en el diseño de mezcla no se alcance a reproducir en la planta, pueden realizarse pequeños ajustes, en cuyo caso, deben producirse distintas tongadas de mezcla con diferentes contenidos de asfalto y nuevamente construir las curvas del diseño, con mezcla de la planta, según el método especificado, para dicho diseño de mezcla. En este caso, necesariamente el porcentaje óptimo ajustado para el asfalto, debe quedar entre dos puntos de contenido de asfalto verificados en la planta, por tanto, no se puede extrapolar el óptimo de asfalto en las curvas de diseño ajustadas en la planta. Este diseño "ajustado" en la planta debe presentarse a consideración de la Administración para su aceptación antes de iniciar la producción.

3. Formulación del análisis por tramos homogéneos

1. Introducción

Para determinar la variabilidad de los resultados de laboratorio, de una planta de producción de mezcla o de un proyecto específico, es necesario implementar una metodología de análisis estadístico que permita determinar si esa producción tiene características similares a lo largo del tiempo, o presenta variaciones significativas.

Estas variaciones pueden corresponder a dos aspectos: Cambio en el diseño de mezcla o un manejo irregular de la producción. Esto hace necesario la adquisición de los diseños, para ubicarlos en el tiempo y determinar si las variaciones tienen que ver con un cambio en éstos o el mal manejo de la mezcla indicado anteriormente.

2. Procedimiento de Análisis

2.1 Análisis de Resultados con el programa SPEC

Los resultados de laboratorio que han sido tabulados en la base de datos, se analizarán con el programa de análisis estadístico SPEC, con el objetivo de determinar en cuantos "*segmentos homogéneos*" se divide la muestra total. Estos intervalos deben anotarse para dar inicio al análisis estadístico.

Luego, se analizará la muestra mediante una de las dos metodologías siguientes, de acuerdo a lo que se indica a continuación:

Si la muestra tiene dos segmentos homogéneos se usa la **metodología A**. Si la muestra tiene más de dos segmentos homogéneos se emplea la **metodología B**.

- ix. En el informe de diseño de mezcla el Contratista debe indicar la norma utilizada en cada ensayo y los valores individuales obtenidos en los ensayos para cada espécimen.
- x. El diseño de mezcla queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambian una o más fuentes de agregados.
- xi. Con el diseño de mezcla deben presentarse todos los resultados de los ensayos que demuestren que la materia prima y la mezcla como tal, cumplen con todos los parámetros de aceptación especificados.

3.1.2 Calibración y certificación de la planta de mezcla asfáltica

El Contratista, bajo su responsabilidad y vigilancia, debe mantener debidamente calibrado y en perfecto estado de funcionamiento, todo el equipo de producción y despacho de mezcla asfáltica.

La Administración definirá los requerimientos de certificación que exigirá a estos equipos, y que deben cumplirse satisfactoriamente durante todo el proceso de producción de la mezcla asfáltica.

3.2 Parámetros de aceptación

3.2.1 Parámetros de aceptación para los agregados

Para analizar los parámetros de aceptación, se separan los agregados desde el punto de vista de la granulometría, en dos fracciones. El agregado grueso

a. Porcentaje de cumplimiento para la producción de mezcla asfáltica

Item	Nivel de calidad 1 (% de pago)		Nivel de calidad 2 (% de pago)		Nivel de calidad 3 (% de pago)		Rechazo	
	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción
Contenido de asfalto	88.3	-	92	8.4	-	-	-	-
% Pasando Malla 9.5 mm	94.1	0					-	-
% Pasando Malla No. 4	87.7	-	93.3	8.0			-	-
% Pasando Malla No. 8	90.6	0					-	-
% Pasando Malla No. 50	99.7	0					-	-
% Pasando Malla No. 200	99.2	0					-	-

b. Porcentaje de cumplimiento para la mezcla asfáltica colocada

Para el caso de la mezcla asfáltica colocada, en cuanto al porcentaje de vacíos y el espesor de mezcla, el valor del rango de cumplimiento corresponde al tamaño total del intervalo necesario para cumplir 90% de los datos dentro de ese rango.

En este caso

Item	Nivel de calidad 1 (% de pago)		Nivel de calidad 2 (% de pago)		Nivel de calidad 3 (% de pago)		Rechazo	
	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción
Espesor	92.3	0						
Contenido de vacíos	98.4	0						

c. Cálculo del factor de pago

Según el inciso 3.6.3, reducción de precio del ítem, el factor de pago para la producción de mezcla asfáltica analizada es el siguiente:

$$\sum R_i = \sum \% R_i$$

3.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados mezclados de conformidad con el diseño de mezcla (sin pasar por el quemador)

i. Agregado grueso

Caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Gravedad específica y absorción	ASTM C 127; AASHTO T 100

ii. Agregado fino

Gravedad específica y absorción	ASTM C 127, AASHTO T 85
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252

3.2.3 Parámetros de aceptación para el asfalto

En todo momento el ligante asfáltico que se utiliza en la planta para la producción de la mezcla, debe contar con un certificado de calidad que demuestre de forma fehaciente que el asfalto cumple satisfactoriamente todas las especificaciones vigentes. Además, el Contratista debe tener siempre a disposición de la Administración, el certificado de calidad del asfalto con que está produciendo la mezcla, incluido el cálculo de la temperatura de mezclado.

a) Cálculo del límite inferior

$$Z_{\text{inf}} = \frac{(5.8 - 0.6) - 5.74}{0.70} = -0.77$$

$$Z_{\text{sup}} = \frac{(5.8 + 0.60) - 5.74}{0.70} = 0.94$$

Las áreas en la curva normal asociadas para estos valores de Z, son las siguientes:

$$\text{Probabilidad de } Z_{\text{inf}} = 0.2206 = A$$

$$\text{Probabilidad de } Z_{\text{sup}} = 0.82 = B$$

Al restar B- A, se obtiene un **porcentaje de cumplimiento de 59%**.

Otros ensayos de durabilidad (si lo especifica el cartel).

Resistencia a deformación permanente de la mezcla (si lo especifica el cartel)

El análisis de resistencia retenida debe presentarse de conformidad con las especificaciones contractuales.

3.3 Parámetros de control

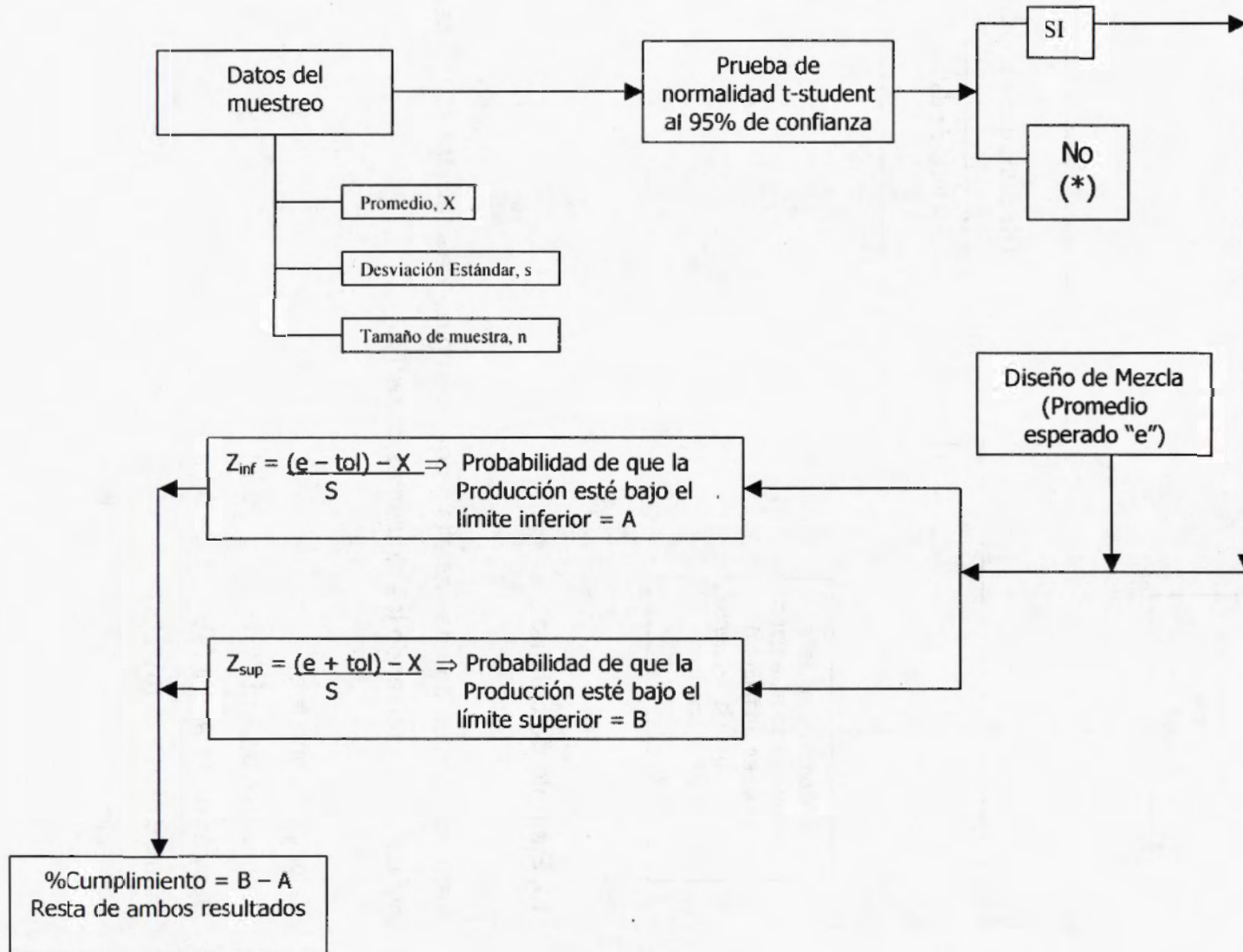
Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final de la mezcla asfáltica.

Adelante se detallan los parámetros de control, de los cuales el Contratista, seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos, por lo tanto el Contratista decidirá además qué otros ensayos incorporará en su proceso de control para asegurar el cumplimiento de las exigencias de calidad. Así mismo el Contratista debe decidir el tipo y frecuencia de ensayo con que controlará cada etapa del proceso de producción.

3.3.1 Parámetros de control para el agregado:

Granulometría	ASTM C126, C 117; AASHTO T 27, T 11
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Límites de Atterberg	ASTM D 43, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP E 109
Gravedad específica	ASTM D854, AASHTO T 100
Absorción	ASTM C 127, AASHTO T 85

Diagrama de Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento



3.3.3 Parámetros de control para los aditivos que se incorporan a la mezcla

Según sea el tipo de aditivo, el Contratista debe mantener vigente el certificado de calidad del fabricante que demuestre que el producto mantiene las propiedades que tenía al momento de efectuar el diseño de mezcla, y que dichas propiedades se mantienen uniformemente a lo largo del proceso constructivo.

3.3.4 Parámetros de control para la mezcla producida en planta

El Contratista, en función del sistema de calidad que diseñe, definirá la cantidad y tipo de ensayos de control que realizará a los agregados mezclados conforme al diseño de mezcla, tanto antes como después de efectuado el proceso en la planta, así como a la mezcla propiamente. Forman parte de estos ensayos de control, por ejemplo, los siguientes:

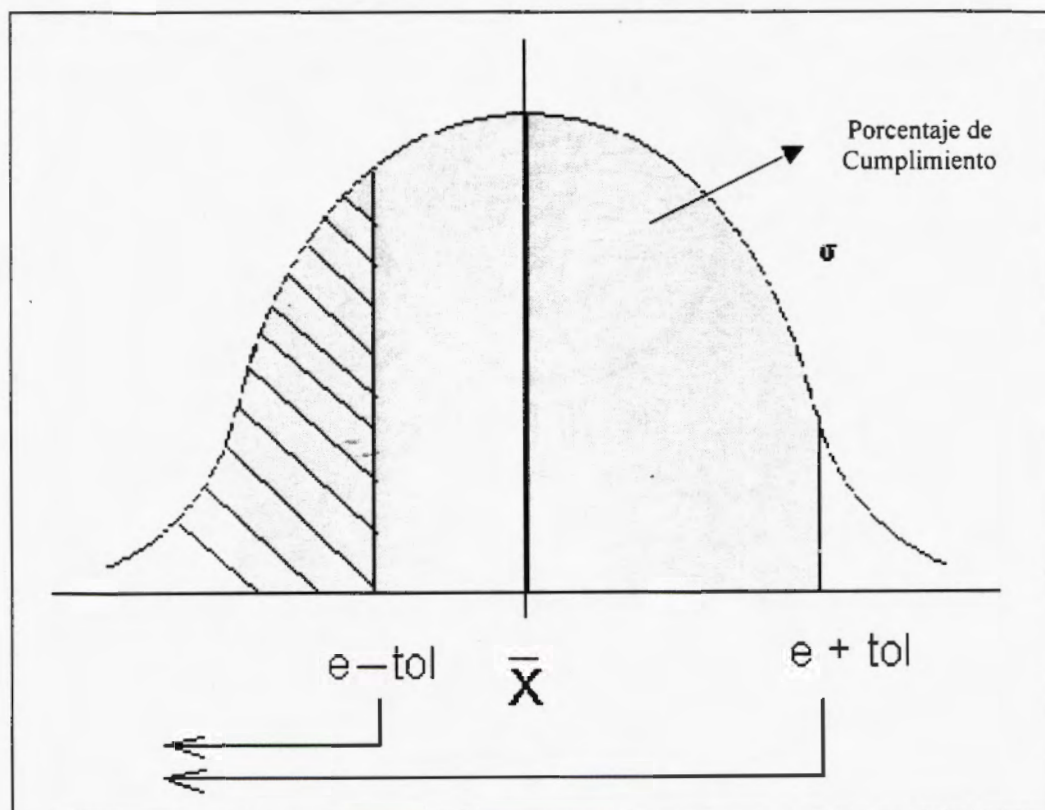
Gravedad específica y absorción del agregado fino	ASTM C 128; AASHTO T 84
Gravedad específica y absorción del agregado grueso	ASTM C 127; AASHTO T 100
Caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Gravedad específica máxima teórica	ASTM D 2041AASHTO T 209
Densidad	ASTM D 70, AASHTO T 228
Granulometría	ASTM C126. C 117; AASHTO T 27, T 11
Estabilidad Marshall	ASTM D 1589; AASHTO T 245
Flujo Marshall	ASTM D 1589; AASHTO T 245
Vacios en el agregado mineral	
Vacios llenos de asfalto	
Contenido de agua de la mezcla	ASTM D 95
Razón polvo/asfalto	

1. Ejemplo de cálculo del porcentaje de cumplimiento

1.1 Metodología para el Cálculo del Nivel de Cumplimiento

La metodología de cálculo del porcentaje de cumplimiento se basa en el análisis estadístico de los resultados, mediante la utilización, en primera instancia de la prueba de normalidad, para comprobar de esta manera, que el comportamiento de la muestra se acerca al de una distribución normal.

En la siguiente figura se indica gráficamente el concepto aplicado en el cálculo del porcentaje de cumplimiento:



3.4 Metodología para determinar el pago de obra, en función de la calidad

Los parámetros de calidad para el pago de obra son tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función del grado de cumplimiento. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante el período de estimación para pago de obra, para lo cual determinará el nivel de cumplimiento de la producción para dicho período, con base en los parámetros de pago y criterios establecidos.

3.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

Los siguientes son los parámetros a utilizar para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla asfáltica.

- i. Para la mezcla producida
 - Granulometría
 - Contenido de asfalto

- ii. Para la colocación y compactación de la mezcla:
 - Porcentaje de vacíos
 - Espesor de la capa asfáltica

ANEXOS

Tabla No. 1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Agregados	Agregados	Mezcla Producida
a) Agregado Grueso Indice de abrasión en máquina Los Angeles Sanidad Durabilidad (el ensayo que indique el cartel) Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles (si los agregados son de origen calcáreo) Absorción (si lo especifica el cartel)	Granulometría Partículas planas y elongadas Límites de Atterberg Caras fracturadas Gravedad específica Absorción Equivalente de arena Vacíos en el agregado fino no compactado Contenido de humedad	Porcentaje de asfalto Granulometría
b) Agregado fino Absorción (si lo especifica el cartel) Sanidad Equivalente de Arena Durabilidad (el ensayo que indique el cartel) Límites de Atterberg	Índice de abrasión en máquina Los Angeles Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos) Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Mezcla Colocada Porcentaje de vacíos Espesor de capa
Agregados mezclados	Asfalto Viscosidad a 125 °C, 135 °C, 145 °C. Temperatura de mezclado y de compactación Viscosidad retenida Pérdida de masa en película delgada Ductilidad retenida	Condición superficial IRI: índice de rugosidad internacional CRT: coeficiente de rozamiento transversal
Agregado grueso Caras fracturadas Partículas planas y elongadas Agregado fino Vacíos en el agregado fino no compactado	Mezcla producida en planta Gravedad específica y absorción del agregado Gravedad específica y absorción del agregado Caras fracturadas Partículas planas y elongadas Vacíos en el agregado fino no compactado Granulometría Estabilidad Marshall Flujo Marshall Vacíos en el agregado mineral Vacíos llenos de asfalto Gravedad específica máxima teórica Razón polvo/asfalto efectivo Contenido de asfalto efectivo Contenido total de asfalto	
Parámetros de aceptación de la mezcla asfáltica Durabilidad (o los ensayos que indique el cartel) Gravedad específica y absorción del agregado Gravedad específica y absorción del agregado Caras fracturadas Partículas planas y elongadas Vacíos en el agregado fino no compactado Granulometría Estabilidad Marshall Flujo Marshall Vacíos en el agregado mineral Vacíos llenos de asfalto Gravedad específica máxima teórica Razón polvo/asfalto efectivo Contenido de asfalto efectivo Contenido total de asfalto Viscosidad a 60 °C de asfalto extraído de la mezcla Vacíos en la mezcla (pastillas Marshall) Durabilidad	Mezcla compactada Tramos de prueba (densidad de referencia) Índice internacional de rugosidad (IRI) Vacíos de la mezcla compactada Coeficiente de rozamiento Textura Espesor de la capa	

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todos en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se hagan para realizar los ensayos deben ser representativas, además deben ser supervisados por la Ingeniería de proyecto.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

Tabla No. 9.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación de obras para base granular

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Límites de Atterberg	1/10000 m ³	1/semana
Clasificación (según AASHTO)	1/15000 m ³	1/semana
Contenido de humedad de compactación	Control permanente	Control permanente
Capacidad de soporte (CBR)	1/15000 m ³	1/semana
Granulometría (en materiales granulares)	1/10000 m ³	1/semana
Curva Próctor del material	Control permanente	Cada vez que hay cambio de material
Geometría de cortes o taludes	-	Control permanente
Alineamiento y trazado geométrico	-	Control permanente
Regularidad de la superficie compactada	-	Control permanente
Espesor de capa a compactar	-	Control permanente

En el caso de que una misma planta suministre mezcla para distintos proyectos, la Administración definirá el procedimiento de muestreo a aplicar para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla para cada proyecto.

- iii Si el pago del ítem de mezcla asfáltica se sub-divide, por ejemplo en: agregados, polímero y cemento asfáltico, el porcentaje de reducción de pago se aplicará por igual a cada uno de los componentes en que se sub-divide este ítem.

3.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento

3.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo del trabajo realizado

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de la mezcla colocada y compactada, conforme a lo indicado en el punto (iii), del apartado 3.5.

Tabla No. 9.1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Límites de Atterberg Clasificación (según el método de clasificación de la AASHTO) Contenido de humedad de compactación Capacidad de soporte (CBR) Granulometría (si son materiales granulares) Curva Próctor del material	Límites de Atterberg Clasificación Contenido de humedad de compactación Capacidad de soporte (CBR) Granulometría (en materiales granulares) Densidad de compactación Curva Próctor del material Geometría de cortes o taludes Alineamiento y trazado geométrico Regularidad de la superficie compactada Espesor de capa a compactar	Densidad de compactación

9.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

i) Parámetros para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla producida

- Contenido de asfalto
- Granulometría (1)
 - Gruesos (1.1)
 - Finos (1.2)
 - Polvo (1.3)

(1) En cada una de las tres categorías (1.1,1.2,1.3), se considera solamente el tamiz de mayor incumplimiento, o sea, el de mayor nivel de reducción de pago.

(1.1) Gruesos: Se refiere al porcentaje que pasa, en todos aquellos tamices de abertura mayor a 4.75 mm (Tamiz No. 4)

(1.2) Finos: Se refiere al porcentaje que pasa el tamiz No. 4 (incluido éste), hasta el tamiz No. 100 (excluido este).

(1.3) Polvo: Porcentaje del agregado que pasa por el tamiz No. 200.

ii) Parámetros para determinar el nivel de cumplimiento en compactación y colocación de la mezcla

- Vacíos en la mezcla compactada
- Espesor de la capa asfáltica

Una vez que se conoce el nivel de cumplimiento de cada uno de estos parámetros, se aplica el siguiente procedimiento para determinar el porcentaje de reducción de precio:

- a) Se calcula la tolerancia para la cual cada parámetro alcanza su nivel de cumplimiento a un nivel de confianza del 90%.
- b) Dicha tolerancia se contrasta con la tabla correspondiente para calcular el factor de reducción del pago.

- Espesor de capa a colocar y compactar.
- El procedimiento que utilizará para comprobar posibles variaciones en el tipo de material que está utilizando y su correspondiente curva Próctor para control de compactación
- El procedimiento que utilizará para el control geométrico y topográfico del trabajo a ejecutar.
- Los asuntos ambientales que debe cumplir para la ejecución de los trabajos (reposición de suelos, enzacatado, reposición de capa vegetal, etc)

9.2 Parámetros de aceptación

Los materiales a utilizar en los trabajos de terraplenado o rellenos deben cumplir con las siguientes condiciones de aceptación:

Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Clasificación (según el método que especifique el cartel)	
Contenido de humedad de compactación	ASTM 2216; AASHTO T 96
Capacidad de soporte (CBR)	ASTM D 1883; AASHTO T 193
Granulometría (si son materiales granulares)	ASTM C 126; AASHTO T 27, T11
Curva Próctor del material (cada tipo de material debe tener asociado la curva Próctor que le corresponde)	

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 0.55] * 110$
Nivel 3	% $R_3 = [T_{90} - 0.61] * 170 + 6.6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: T_{90} es el rango para la cual se alcanza el cumplimiento a un nivel de confianza del 90%, ya sea en el nivel 1, en el nivel 2 de cumplimiento o en el nivel 3 de cumplimiento.

Ejemplo:

Se tiene un lote de producción de mezcla asfáltica que cumple a una tolerancia de ± 0.56 , para un nivel de confianza del 90%.

De acuerdo con la tabla de cumplimiento este lote está en el nivel 2, por lo tanto, le corresponde el nivel de reducción de pago % R_2 .

Para este caso,

$$\begin{aligned} \% R_2 &= [T_{90} - 0.55] * 110 \\ \% R_2 &= [0.56 - 0.55] * 110 = 1.0\% \end{aligned}$$

De acuerdo con esto, el pago correspondiente, si cumple con todos los demás parámetros de pago será:

Resistencia a compresión a los 7 días	Control permanente	
Resistencia a la compresión a los 28 días	Control permanente	
Resistencia a la flexotracción a los 7 días	Control permanente	
Resistencia a la flexotracción a los 28 días	Control permanente	
Revenimiento	Control permanente	
Contenido de aire	Control permanente	
Temperatura de colocación del hormigón	Control permanente	
Certificados de calidad de los aditivos	Control permanente	
Permeabilidad	Control permanente	
Verificación de la resistencia a compresión de las losas de hormigón	Control permanente	
Rugosidad Superficial	Control permanente	

(*) Uno en el diseño de mezcla y durante el proceso constructivo según lo solicite la ingeniería de proyecto.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

ii) Para la granulometría

Para calcular el nivel de cumplimiento de los parámetros granulométricos, rigen los mismos conceptos anteriores, o sea, se calcula a partir del valor especificado en la granulometría del diseño de mezcla, pero adicionalmente en este caso, el rango correspondiente a cada nivel de aceptación para calcular el T_{90} , no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

▪ Factor de reducción para el agregado grueso

Este factor sólo se aplica al tamiz de esta fracción gruesa de mayor incumplimiento, y solo se incluye en este análisis las tamices que están indicados en la especificación de granulometría.

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando) ⁽¹⁾
Nivel 1	± 7.0
Nivel 2	± 8.0
Nivel 3	± 9.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si el rango sobrepasa ± 9.0%

(1) Este rango se mide a partir del valor correspondiente de granulometría del diseño de mezcla.

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que estos ensayos deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, solamente son un requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción de losas de hormigón para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

Tabla No. 8.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación de obras para base granular

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima
Granulometría	1 @ 200 m ³	2/semana
Terrones de arcillas (el ensayo que indique el cartel)	1 @ 300 m ³	2/mes
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	1 @ 3000 m ³	1/mes
Índice de caras fracturadas	1 @ 1000 m ³	2/mes
Partículas planas y elongadas	1 @ 1000 m ³	2/mes
Módulo de finura de la arena	1 @ 300 m ³	2/semana
Gravedad específica y absorción	1 @ 500 m ³	1/mes
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	1 @ 4000 m ³	½ meses

a. Para el tamiz No. 4

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando) (1)
Nivel 1	± 7.5
Nivel 2	± 8.5
Nivel 3	± 9.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa $\pm 9.5\%$

(1) Este rango se mide a partir de el valor correspondiente de granulometría del diseño de mezcla.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 7.5] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 8.5] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado para cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [97 - T_{90}] * 3$
Nivel 3	$\% R_2 = [95\% - T_{90}] * 6 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

ii) **Espesor de losa**

Nivel de cumplimiento	Tolerancia (mm)
Nivel 1	-7.0 a +8.0
Nivel 2	-8.0 a +10.0
Nivel 3	-9.0 a +12.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T_{90}), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

c. Para las mallas menores al tamiz No. 8 hasta el No. 30 inclusive

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	± 4.0
Nivel 2	± 5.0
Nivel 3	± 5.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa $\pm 5.5\%$

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 4.0] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 5.0] * 20 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría para cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

8.6 Cálculo del Monto a Pagar en Función de la Calidad

8.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de calidad, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago de obra.

La reducción de pago en cada nivel de calidad, se aplica al precio total del ítem de losas de hormigón.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- a) Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de cumplimiento.
- b) Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros para pago de obra son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar todo el pavimento de hormigón colocado y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta y sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

e. Tamiz No. 200

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	± 1.8
Nivel 2	± 2.0
Nivel 3	± 2.2
Nivel 4	Nivel de rechazo si el rango sobrepasa $\pm 2.2\%$

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 1.8] * 30$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 2.0] * 50 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si el T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría este cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

8.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

8.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

Los siguientes son los parámetros de pago de la mezcla de concreto:

- Espesor de losa
- Resistencia a flexotracción a los 28 días
- Índice de rugosidad internacional
- Coeficiente de rozamiento

Los parámetros de acabado superficial se incorporarán posteriormente cuando la administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 9.0] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 10] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

ii) **Por espesor de capa**

Se sub-divide en dos casos, según el espesor de capa a colocar:

- a. $E < 7.0$ cm
- d. $E > 7.0$ cm

E = espesor de capa asfáltica (cm)

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T_{90}), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento, En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

- Control del revenimiento del concreto que se deposita delante de la pavimentadora.
- Control total del tiempo de fraguado:
 - Hora de despacho de la vagoneta
 - Hora de colocación
 - Tiempo de ranurado
 - Tiempo de curado
- Control de las condiciones ambientales: temperatura, viento, humedad del aire, lluvia, etc.
- Control de fisuración superficial
- Control del proceso de terminación:
 - Afinado de la superficie y los bordes
 - Pre-texturizado
 - Texturizado (ranurado)
 - Curado superficial y de los bordes
 - Ranurado de las juntas longitudinales y transversales (geometría y condición de los bordes)
 - Sellado de las juntas
- Control de espesores
- Control de la regularidad superficial (IRI)
- Control de la limpieza de las ranuras previo a la colocación del sellado de las juntas.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 10] * 3$
Nivel 3	% $R_3 = [T_{90} - 13] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si el T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

3.6.4 Reducción total del precio del ítem de mezcla asfáltica

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\sum R_i$ = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

FP = Factor de pago, en porcentaje

Partículas blandas o deletéreas	ASTM c142; AASHTO T 112
Pesos unitarios sueltos y envarillados	ASTM C 29, AASHTO T 19
Porcentaje pasando la malla 200	ASTM C 126, C117; AASHTO T27, T11
Angularidad del agregado fino (si lo especifica el cartel)	
Durabilidad	AASHTO T 210

8.3.2 Parámetros de control del agua

Acidez (pH)	AASHTO 210
Contenido de cloruros	ASTM D 512
Contenido de residuos solubles	AASHTO T 26
Contenido de sulfatos	ASTM D 516
Contenido de materia orgánica	AASHTO T 26
Contenido de grasas	
Certificado de calidad	

8.3.3 Parámetros de control para el cemento

Consistencia	ASTM C 186, AASHTO T 129
Tiempo de fragua sin aditivo	ASTM C 191, AASHTO T 131
Contenido de cenizas	
Tipo de cemento (según especificaciones)	
Tiempo de fragua con el acelerante y/o plastificante.	ASTM C 191, AASHTO T 131
Resistencia a compresión en cubos de 2" cm x 2" con arena sílica	ASTM C 109, AASHTO T 106

Tabla No. 3.2: Número mínimo de ensayos a los agregados de la mezcla, como requisito para trámite de estimación de obras

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Partículas planas y elongadas	1 @ 10000 ton	1/semana
Caras fracturadas	1 @ 5000 ton	2/semana
Gravedad específica	1 @ 10000 ton	1/semana
Absorción	1 @ 10000 ton	1/semana
Equivalente de arena	1 @ 25000 ton	2/mes
Vacios en el agregado fino no compactado	1 @ 10000 ton	1/semana
Contenido de humedad de los agregados		2/día por apilamiento
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	1 @ 75000 ton	½ meses
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	1 @ 75000 ton	½ meses
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	1 @ 75000 ton	½ meses

(1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del régimen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.

- Procedimiento de vibrado del hormigón.
- Procedimiento para control del espesor de capa.
- El procedimiento de acabado superficial y pre-texturizado.
- El tiempo para ranurado.
- La geometría de la ranura de las juntas longitudinales y transversales.
- Correcta aplicación del material de curado (para la superficie y los bordes)
- El tipo y geometría del material sellante.
- La condición de los bordes de las ranuras.
- La geometría de las ranuras de texturizado.
- El coeficiente de rozamiento.
- La geometría de los bordes de las losas.
- El índice de rugosidad internacional (IRI) especificado.
- Además, el Contratista debe demostrar de forma fehaciente, que efectivamente el pavimento está alcanzando la resistencia especificada a 28 días, de conformidad con lo indicado en el punto 8.1.1.h. Este es un requisito a cumplir para el trámite de las estimaciones.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

8.2.2 Parámetros de aceptación para el cemento

Consistencia	ASTM C 186, AASHTO T 129
Tiempo de fragua sin aditivo	ASTM C 191, AASHTO T 131
Contenido de cenizas	
Tipo de cemento (según especificaciones)	
Tiempo de fragua con el acelerante y/o plastificante.	ASTM C 191, AASHTO T 131
Resistencia a compresión en cubos de 2" cm x 2" con arena sílica	ASTM C 109, AASHTO T 106

Certificado de calidad del cemento que demuestre que cumple con la especificación AASHTO M-85 98, o cualquier otra que indique el cartel para el tipo de cemento especificado.

8.2.3 Parámetros de aceptación para el agua

Acidez (pH)	AASHTO 210
Contenido de cloruros	ASTM D 512
Contenido de residuos solubles	AASHTO T 26
Contenido de sulfatos	ASTM D 516
Contenido de materia orgánica	AASHTO T 26

8.2.4 Parámetros de aceptación para el hormigón

Resistencia a compresión de cilindros de 15cm X 30 cm de mezcla de prueba	ASTM C 109, AASHTO T 106
Revenimiento	ASTM C 395
Módulo de rotura en vigas	ASTM C 39, AASHTO T 22
Prueba de curado	ASTM C 171
Certificado de calidad para los aditivos	

- de soporte de la granulometría que propone en el diseño del tratamiento superficial
- vii. Certificación de los equipos. La Administración definirá las exigencias de certificación permanente que deben tener los equipos utilizados en la construcción del tratamiento superficial (dosificador de emulsión, distribuidor de agregados, compactadores, etc), y que debe mantener vigentes durante todo el proceso de producción.
 - viii. Con el diseño del tratamiento superficial deben presentarse todos los resultados de los ensayos que demuestren que la materia prima y el tratamiento superficial, cumplen con todos los parámetros de aceptación especificados.
 - ix. En el informe de diseño del tratamiento superficial el Contratista debe indicar la norma utilizada en cada ensayo y anexar la memoria de cálculo del diseño.
 - x. El diseño del tratamiento superficial queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambia una o más fuentes de agregados.

4.2 Definición de los parámetros de aceptación

4.2.1 Parámetros de aceptación del agregado

Para analizar los parámetros de aceptación del agregado, se separan éstos en dos fracciones, según sus tamaños. El agregado grueso corresponde al que es retenido en el tamiz No. 4 y el fino es aquel que pasa el tamiz No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

- f. Resultados individuales de los ensayos realizados a cada especimen, donde se demuestra que con el diseño propuesto se alcanza la resistencia especificada para el hormigón.
 - g. Datos preliminares que muestren que está en proceso la prueba para determinar la reactividad álcali-agregado.
 - h. El método de laboratorio que utilizará para demostrar que la resistencia de diseño a los 28 días, efectivamente se está logrando en obra, como comprobación de la idoneidad del sistema constructivo y del proceso de curado.
- IV. Definición de fórmula de trabajo. Una vez que el diseño de mezcla está debidamente aceptado por parte de la administración, el Contratista debe reproducir esa fórmula en su planta de producción de mezcla.
- V. El Contratista tiene la potestad de cambiar su diseño de mezcla, en cuyo caso, debe hacer el trámite completo ante la Administración, para someter a consideración un nuevo diseño de mezcla.
- VI. El Contratista debe tener debidamente aceptado su diseño de mezcla, previo a iniciar la producción. Aunque la Administración emita la aceptación del diseño presentado por el contratista, éste seguirá siendo el único responsable por la calidad de la producción y del propio diseño de mezcla.
- VII. El diseño de mezcla debe incluir todos los ensayos de laboratorio realizados en los quebradores, así como en los apilamientos de agregados, debidamente analizados estadísticamente, como fundamento de soporte de la granulometría que propone en el diseño de mezcla.
- VIII. Certificación de la planta. La Administración definirá las exigencias de certificación permanente que debe cumplir una planta de producción de hormigón, y que debe mantener vigentes durante todo el proceso de producción.
- IX. El diseño de mezcla queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambia una o más fuentes de agregados.

De la fuente de donde se toma el agregado fino, se deben tomar muestras de agregado grueso, para determinar si el tipo de roca utilizada, cumple con los parámetros de dureza y sanidad que se exigen para el agregado grueso en un tratamiento superficial.

4.2.3 Parámetros de aceptación para los agregados combinados según el diseño del tratamiento superficial

Granulometría	ASTM C126, C117; AASHTO 127,11
Afinidad agregado – ligante (el ensayo que indique el cartel)	NLT – 162 (Norma española)
Contenido de polvo	(Porcentaje que pasa la malla No. 200)
Peso unitario	ASTM C 29; AASHTO T 29
Dosificación de los agregados (kg/m ²)	
Dosificación del ligante (l/m ²)	

4.3 Parámetros de Control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final del tratamiento superficial.

Adelante se detallan algunos los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

NOTA 1: Todos estos ensayos deben muestrearse por triplicado. Dos de las muestras pasarán a la Administración. Si se trata de determinaciones en sitio debe dejarse claramente indicado el sitio donde se hizo la determinación.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

Tabla No. 4.1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Por fuente de agregados	Quebrador, para cada tipo de agregado:	
a) Agregado grueso Índice de desgaste de Los Angeles Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad) Durabilidad (el ensayo que indique el cartel) Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles Caras fracturadas (si lo especifica el cartel) Partículas planas y elongadas (si lo especifica el cartel) Índice laminar (si lo especifica el cartel) Gravedad específica y absorción	Granulometría Partículas planas y elongadas Contenido de polvo Caras fracturadas Gravedad específica y absorción Límites de Atterberg Índice de desgaste de Los Angeles Contenido de humedad Equivalente de arena Dosificación de agregados (kg/m ²) Dosificación del ligante (l/m ²) Viscosidad del ligante al momento de su aplicación Temperatura de aplicación del ligante Contenido de agua de la emulsión Tiempo de rompimiento de la emulsión Tiempo de curado de la emulsión Afinidad agregado-ligante Partículas sueltas después de la compactación Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Textura superficial	Dosificación del agregado Dosificación del ligante Índice de rugosidad internacional (IRI)
b) Agregado fino Equivalente de arena Límites de Atterberg Vacíos en el agregado fino no compactado Durabilidad Gravedad específica ya absorción	Coeficiente de rozamiento Barrido de partículas sueltas Dosificación de agregados Dosificación del ligante Viscosidad del ligante al momento de su aplicación Índice de Rugosidad Internacional (IRI) Textura (si se especifica) Coeficiente de rozamiento (si se especifica)	
Para el tratamiento superficial		
Granulometría Afinidad agregado – ligante Contenido de polvo Peso unitario Dosificación de ligante Dosificación de los agregados		
Para la emulsión		
Tiempo de rompimiento de la emulsión		

4.4 Metodología para determinar el pago de obra, en función de la calidad

Los parámetros para pago de obra, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función del grado de cumplimiento. Teniendo en cuenta que el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción; para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la

7.6.3 Reducción de precio del ítem

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\sum R_i$ = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

FP = Factor de pago, en porcentaje

7.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

de esta forma se calculará el porcentaje de pago correspondiente a cada periodo de estimación.

- III. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.
- IV. Si el pago del ítem de tratamiento superficial se sub-divide (por ejemplo: agregados y emulsión asfáltica), el porcentaje de reducción de pago se aplicará por igual a cada uno de los componentes en que se sub-divide este ítem.

El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras o mediciones para medir el nivel de cumplimiento de la producción para una estimación para pago de obra.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente al Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-ítems correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará previamente establecida en los términos de referencia de los documentos de licitación.

b. Base tipo BE-35

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (kg/cm ²)
Nivel 1	28-50
Nivel 2	26-51
Nivel 3	26-53
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% R ₁ = 0
Nivel 2	% R ₂ = [T ₉₀ - 48] * 6
Nivel 3	% R ₃ = [T ₉₀ - 50] * 10 + 6
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T₉₀), se parte del valor de medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de cumplimiento.

A cualquier nivel de deducción de precio, el Contratista tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir un lote de producción en un nivel de cumplimiento superior.

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%:

4.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción de precio del tratamiento superficial

De acuerdo en lo señalado en el apartado 4.4.1, para determinar el nivel de cumplimiento se consideran los siguientes parámetros:

- Granulometría
- Dosificación del agregado
- Dosificación del ligante

En todos los casos se calcula el nivel de cumplimiento para una confiabilidad del 90%:

iii) Factor de reducción de pago por granulometría

NOTA 1: La tolerancia granulométrica de la especificación (T), se define en la Tabla No. 4.2, de este mismo apartado.

NOTA 2: Para calcular el nivel de cumplimiento T_{90} , el rango de tolerancia no puede sobrepasar el límite de la especificación.

- Espesor de la capa
- Deformaciones superficiales

7.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción del precio por calidad de la base estabilizada

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%.

i. Factor de reducción por la densidad de compactación

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% compactación)
Nivel 1	> 96.0
Nivel 2	> 95.0
Nivel 3	> 94.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [96 - T_{90}] * 6$
Nivel 3	% $R_3 = [95 - T_{90}] * 12 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Tabla No. 4.2: Tolerancias respecto al valor de diseño según el tamaño máximo especificado de la graduación

Tipo de graduación (según tamaño máximo)	Tamaño máximo	< 25.0 mm T	< 19.0 mm T	< 12.5 mm T	< 9.5 mm T	< 4.75 mm T	< 2.36 mm T	< No. 100 T	200 (1) T
G1	37.5 mm	± 6.5	± 7.0	± 6.0	-	-	-	-	-
G2	25.0 mm	-	± 6.5	± 7.0	± 6.0	-	-	-	-
G3	19.0 mm	-	-	± 6.5	± 7.0	± 6.0	-	-	-
G4	12.5 mm	-	-	-	± 6.0	± 7.0	± 6.0	-	-
G5	9.5 mm	-	-	-	-	± 6.0	± 6.5	-	-
G6	< 9.5 mm	-	-	-	-	-	± 6.0	± 6.0	-

(1) Esta especificación es un parámetro de aceptación que debe cumplirse siempre.

Nota 1: El porcentaje que pasa por el tamiz que define el tamaño máximo, así como el porcentaje pasando la malla 200, son parámetros de aceptación que deben cumplirse siempre.

Nota 2: Aquellos tornillos que, para un determinada graduación no tienen rango de tolerancia especificado, obviamente no aplica el concepto de tolerancia de esta tabla.

7.5 Lineamientos para muestreo y reducción de pago de obra

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de base estabilizada, conforme a los siguientes lineamientos:

- iv. La cantidad a pagar de cada ítem de obra ejecutada será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- v. De cualquier segmento de la producción del período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones (caso de la compactación o el espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el correspondiente porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.
- vi. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras o mediciones para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.

7.6 Cálculo del monto a pagar en función de la calidad

7.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de calidad, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación de obra para el pago.

iii. Factor de reducción de pago por dosificación del ligante asfáltico

Nivel de calidad y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% de peso) (2)
Nivel 1	-11 a +11
Nivel 2	-12 a + 12
Nivel 3	-13 a + 13
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(2) Porcentaje de variación con relación a los l/m² de dosificación del asfalto residual que establece el diseño del tratamiento superficial.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% R ₁ = 0
Nivel 2	% R ₂ = [T ₉₀ - 11] * 6
Nivel 3	% R ₃ = [T ₉₀ - 12] * 8 + 6
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T ₉₀ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría para cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

Porcentaje de compactación

ASTM D 2726, AASHTO T 166

Dosificación del cemento

Dosificación del producto para curado

Espesor de capa

Resistencia en sitio de la base estabilizada a 7 y 28 días

Regularidad geométrica del acabado superficial

Evaluación visual del producto para curado

7.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de calidad de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de calidad de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante el período, con lo cual determinará el nivel de calidad para dicho período, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

7.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

iii. Los siguientes son los parámetros para determinar la calidad de la base estabilizada con cemento:

- Densidad de compactación
- Resistencia a la compresión a los 7 días
- Espesor de capa
- Regularidad superficial

requiere cada una de las etapas de su proceso de producción del tratamiento superficial para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

- Ensayos de laboratorio que utilizará en el campo para demostrar la eficiencia del curado, determinando la resistencia de la capa construida, a los 28 días de edad.

7.2 Definición de los parámetros de aceptación

7.2.1 Parámetros de aceptación por fuente de agregado

- Coeficiente de desgaste de Los Angeles (si lo especifica el cartel) ASTM C 131, C 535
- Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)
- Límites de Atterberg ASTM D 43, AASHTO T 89
- Sanidad ASTM C 88, AASHTO T 104
- Equivalente de arena (si lo especifica el cartel) ASTM D 24194

7.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados mezclados

- Granulometría ASTM C 126, C117; AASHTO T 27, T 11

7.2.3 Parámetros de aceptación para el agua

- Calidad del agua (el ensayo que indique el cartel)

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

Capítulo 7: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Base Estabilizada con Cemento

7.1 Requerimientos previos

7.1.1 Aspectos básicos

- En el informe del Contratista de las pruebas de aceptación, el análisis de calidad que se presenta de los agregados, debe corresponder estrictamente a los materiales con que realmente se va a realizar la producción, y por lo tanto, corresponde a los materiales con que se va a construir la base estabilizada con cemento.
- Los parámetros de aceptación de los agregados deben ser estadísticamente representativos, desde el punto de vista de la materia prima con que se va a construir la base estabilizada.
- El documento de solicitud de aceptación del diseño de la base estabilizada es un informe profesional, debidamente editado y firmado por un profesional responsable.

7.2.1 Solicitud de aceptación del diseño de la base estabilizada

El Contratista, previo a iniciar la construcción de la base estabilizada, debe presentar una solicitud de aceptación del diseño de la estabilización para la construcción de la capa de base, que comprende los siguientes aspectos:

- Estudio de laboratorio que demuestre que cada fuente de agregados a utilizar (separadamente) cumple con todos los parámetros de aceptación que establece el cartel para materiales de base granular.
- Curva granulométrica que utilizará para la construcción de la base.
- Datos estadísticos de los apilamientos en que se soporta la curva granulométrica propuesta.

5.2 Definición de los parámetros de aceptación

Para analizar los parámetros de aceptación los agregados se separan en dos fracciones. El agregado grueso corresponde al que es retenido en la malla No. 4 y el fino es aquel que pasa la malla No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

5.2.1 Parámetros de aceptación por fuente de agregados

Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Índice de abrasión en máquina Los Angeles (*)	ASTM C 131, C535
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Gravedad específica y absorción (si lo especifica el cartel)	ASTM C 127, AASHTO T 100
Equivalente de Arena (si lo especifica el cartel)	ASTM D 24109
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Terrones de arcilla y partículas friables	AASHTO T 112

(*) Solamente se aplica para el agregado grueso.

6.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciadas, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

5.3 Parámetros de Control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final de la base granular.

Adelante se detallan algunos de los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

Granulometría	ASTM C 126, C117; AASHTO T27, T11
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP e 109
Gravedad específica y absorción	ASTM D854, AASHTO T 100
Equivalente de arena	ASTM C 2419
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252
Contenido de humedad	ASTM D 2216, AASHTO T 265
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	ASTM C 131, C535
Porcentaje de compactación	ASTM D 2726, AASHTO T 166
Densidad Próctor modificado	ASTM D 1557, AASHTO T 180
Capacidad de soporte de California (CBR)	ASTM D 1883, AASHTO T 193
Regularidad geométrica del acabado superficial	
Espesor de capa (el ensayo que indique el cartel)	
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Angularidad del agregado fino	

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [95 - T_{90}] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [94 - T_{90}] * 10 + 8$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: T_{90} es la tolerancia para la cual se alcanza el nivel de confianza del 90%, en el nivel de calidad correspondiente.

iii. Factor de reducción por espesor de capa

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (cm)
Nivel 1	-1.4 cm a +1.6 cm
Nivel 2	-1.5 cm a +1.9 cm
Nivel 3	-1.5 cm a +2.2 cm
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

5.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

5.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

Los siguientes son los parámetros para determinar la calidad de la base:

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor de capa
- Regularidad superficial

Los parámetros de acabado superficial se incorporarán posteriormente cuando la Administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

Previo a evaluar estos parámetros para pago de obra, en cada estimación el Contratista debe presentar el informe de laboratorio que demuestre el cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y control que defina el cartel, cumpliendo además con la frecuencia mínima de ensayos que se especifique.

- **Factor de reducción para el agregado fino**

La reducción de precio por granulometría del agregado fino solamente se aplicará al tamiz de mayor incumplimiento.

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	± 6.5
Nivel 2	± 7.5
Nivel 3	± 8.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 6.5] * 6$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 7.5] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

- **Factor de reducción para el polvo (porcentaje pasando la malla 200)**

La reducción de precio por granulometría solamente se aplicará al tamiz de mayor incumplimiento.

5.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento

5.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de la base granular colocada.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de calidad
- Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros para pago de obra son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar toda la base colocada y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta, sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor

i. Factor de reducción de precio por granulometría

Para determinar el factor para reducción de pago por este concepto, se sub-divide la granulometría en 3 categorías:

Agregado grueso	Agregado de tamaño mayor o igual al tamiz No. 4 (inclusive)
Agregado fino	Material que pasa el tamiz No.8, y queda retenido en la malla No. 200.
Polvo	Material que pasa el tamiz No. 200.

El tamiz que define el tamaño máximo de la granulometría especificada, no entra en consideración para calcular el factor de reducción, pues es una condición que debe cumplirse siempre.

En cada una de dichas categorías, para el cálculo del factor de reducción para pago, solamente se considerará el tamiz de mayor incumplimiento, de conformidad con el siguiente criterio:

El tamiz que define el tamaño máximo de la granulometría especificada, no entra en consideración para calcular el factor de reducción, pues es una condición que debe cumplirse siempre.

En cada una de dichas categorías, para el cálculo del factor de reducción para pago, solamente se considerará el tamiz de mayor incumplimiento, de conformidad con el siguiente criterio:

- **Factor de reducción para el agregado grueso**

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (%)
Nivel 1	± 8.0
Nivel 2	± 9.0
Nivel 3	± 10.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: La tolerancia se mide a partir del valor especificado por el Contratista en la curva granulométrica que presentó para la construcción de la base.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 8.0] * 6$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 9.0\%] * 10 + 6.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(caso de la compactación o el espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.

- III. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras o mediciones para medir el nivel de calidad para una estimación para pago de obra.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente al Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-lotes correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará previamente establecida en los términos de diferencia de los documentos de licitación.

6.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento

6.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un periodo de estimación para pago.

La reducción de pago en cada nivel de calidad, se aplica al precio total del ítem de la sub-base granular colocada.

- Factor de reducción para el polvo (porcentaje pasando la malla 200)

Nivel de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (%)
Nivel 1	± 4.0
Nivel 2	± 5.0
Nivel 3	± 5.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de calidad	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 4] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 5] * 20 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Otros, según los requerimientos específicos del proyecto y del proceso constructivo.

Tabla No. 6.1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Por fuente de agregados		
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Granulometría	Granulometría
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	Partículas planas y elongadas	Densidad de compactación
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	Límites de Atterberg	Espesor de capa
Gravedad específica y absorción (si lo especifica el cartel)	Caras fracturadas	Regularidad superficial
Equivalente de Arena (si lo especifica el cartel)	Gravedad específica y absorción	
Límites de Atterberg	Equivalente de arena	
Terrones de arcilla y partículas friables	Vacios en el agregado fino no compactado	
	Contenido de humedad	
Para los agregados mezclados	Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	
Capacidad de soporte de California	Porcentaje de compactación	
Curva Próctor modificado	Densidad Próctor modificado	
Granulometría	Capacidad de soporte de California (CBR)	
Caras fracturadas	Regularidad geométrica del acabado superficial	
Partículas planas y elongadas	Espesor de capa (el ensayo que indique el cartel)	
Vacios en el agregado fino no compactado	Durabilidad	
	Resistencia a la acción de los sulfatos	
Para la regularidad geométrica superficial	Angularidad	
Alineamiento vertical y horizontal		
Ancho y sobre-anchos		
Peraltes y demás detalles del trazado geométrico		
Deformaciones superficiales, con regla de 3 m		

6.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de calidad de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

ii. Factor de reducción por espesor de capa

Nivel de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (cm)
Nivel 1	-1.3 a +1.5
Nivel 2	-1.4 a +1.8
Nivel 3	-1.4 a +2.1
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [T_{90} - 1.5] * 20$
Nivel 3	% $R_3 = [T_{90} - 1.8] * 30 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T_{90}), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

6.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados debidamente mezclados para construir la sub-base

- Capacidad de soporte de California ASTM D 1883, AASHTO T 193
- Curva Próctor modificado (la curva a 0.1" y 0.2" de penetración) ASTM D 1557, AASHTO T 180
- Granulometría ASTM C 126, C 117, AASHTO T 27 y T11
- Caras fracturadas (si lo especifica el cartel) MOP E 109
- Partículas planas y elongadas (si lo especifica el cartel) ASTM D 4791
- Angularidad del agregado fino (si lo especifica el cartel)
- Vacíos en el agregado fino no compactado (si lo especifica el cartel) ASTM C 1252

6.2.3 Parámetros de aceptación de la regularidad geométrica superficial.

Estos parámetros deben cumplirse como requisito para el trámite de pago.

- Alineamiento vertical y horizontal
- Ancho y sobre-anchos
- Peraltes y demás detalles del trazado geométrico (rasante, prisma, etc).

Deformaciones superficiales, con regla de 3 m o el procedimiento que especifique el cartel.

Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción de la base granular para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

Tabla No. 5.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación para pago de obra

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Durabilidad	1 @ 10000 m ³	1/mes
Resistencia a la acción de los sulfatos	1 @ 10000 m ³	1/mes
Partículas planas y elongadas	1 @ 1000 m ³	1/semana
Límites de Atterberg	1 @ 1000 m ³	1/semana
Caras fracturadas	1 @ 10000 m ³	1/semana
Gravedad específica y absorción	1 @ 3000 m ³	2/mes
Equivalente de arena	1 @ 3000 m ³	2/mes
Vacios en el agregado fino no compactado	1 @ 10000 m ³	1/mes
Contenido de humedad	control permanente	-
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	1 @ 15000 m ³	½ meses
Próctor modificado	1 @ 1500 m ³	1/semana
Capacidad de soporte de California (CBR)	1 @ 1500 m ³	1/semana
Regularidad geométrica del acabado superficial	control permanente	-
Espesor de capa (control permanente)	control permanente	-

Capítulo 6: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Sub-base Granular

6.1 Requerimientos previos

6.1.1 Aspectos básicos

- En el informe del Contratista de las pruebas de aceptación, el análisis de calidad que se presenta de los agregados, debe corresponder estrictamente a los materiales con que realmente se va a construir la sub-base.
- Los parámetros de aceptación que presenta el Contratista deben ser estadísticamente representativos, desde el punto de vista de la materia prima con que se va a construir la sub-base.
- El documento de solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo es un informe profesional, debidamente editado y firmado por un profesional responsable.

6.1.2 Solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo

El Contratista, previo a iniciar la construcción de la sub-base, debe presentar una solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo para la construcción de la sub-base, que comprende de los siguientes aspectos:

- Fuentes de donde se tomarán los materiales.
- Proceso de triturado y tipo de graduación que aportará cada fuente de agregados.

Capítulo 6: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Sub-base Granular

6.1 Requerimientos previos

6.1.1 Aspectos básicos

- En el informe del Contratista de las pruebas de aceptación, el análisis de calidad que se presenta de los agregados, debe corresponder estrictamente a los materiales con que realmente se va a construir la sub-base.
- Los parámetros de aceptación que presenta el Contratista deben ser estadísticamente representativos, desde el punto de vista de la materia prima con que se va a construir la sub-base.
- El documento de solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo es un informe profesional, debidamente editado y firmado por un profesional responsable.

6.1.2 Solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo

El Contratista, previo a iniciar la construcción de la sub-base, debe presentar una solicitud de aceptación de la fórmula de trabajo para la construcción de la sub-base, que comprende de los siguientes aspectos:

- Fuentes de donde se tomarán los materiales.
- Proceso de triturado y tipo de graduación que aportará cada fuente de agregados.

Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción de la base granular para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

Tabla No. 5.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación para pago de obra

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Durabilidad	1 @ 10000 m ³	1/mes
Resistencia a la acción de los sulfatos	1 @ 10000 m ³	1/mes
Partículas planas y elongadas	1 @ 1000 m ³	1/semana
Límites de Atterberg	1 @ 1000 m ³	1/semana
Caras fracturadas	1 @ 10000 m ³	1/semana
Gravedad específica y absorción	1 @ 3000 m ³	2/mes
Equivalente de arena	1 @ 3000 m ³	2/mes
Vacios en el agregado fino no compactado	1 @ 10000 m ³	1/mes
Contenido de humedad	control permanente	-
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	1 @ 15000 m ³	½ meses
Próctor modificado	1 @ 1500 m ³	1/semana
Capacidad de soporte de California (CBR)	1 @ 1500 m ³	1/semana
Regularidad geométrica del acabado superficial	control permanente	-
Espesor de capa (control permanente)	control permanente	-

6.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados debidamente mezclados para construir la sub-base

- Capacidad de soporte de California ASTM D 1883, AASHTO T 193
- Curva Próctor modificado (la curva a 0.1" y 0.2" de penetración) ASTM D 1557, AASHTO T 180
- Granulometría ASTM C 126, C 117, AASHTO T 27 y T11
- Caras fracturadas (si lo especifica el cartel) MOP E 109
- Partículas planas y elongadas (si lo especifica el cartel) ASTM D 4791
- Angularidad del agregado fino (si lo especifica el cartel)
- Vacíos en el agregado fino no compactado (si lo especifica el cartel) ASTM C 1252

6.2.3 Parámetros de aceptación de la regularidad geométrica superficial.

Estos parámetros deben cumplirse como requisito para el trámite de pago.

- Alineamiento vertical y horizontal
- Ancho y sobre-anchos
- Peraltes y demás detalles del trazado geométrico (rasante, prisma, etc).

Deformaciones superficiales, con regla de 3 m o el procedimiento que especifique el cartel.

ii. **Factor de reducción por espesor de capa**

Nivel de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (cm)
Nivel 1	-1.3 a +1.5
Nivel 2	-1.4 a +1.8
Nivel 3	-1.4 a +2.1
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 1.5] * 20$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 1.8] * 30 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T_{90}), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento, En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

Otros, según los requerimientos específicos del proyecto y del proceso constructivo.

Tabla No. 6.1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Por fuente de agregados		
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Granulometría	Granulometría
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	Partículas planas y elongadas	Densidad de compactación
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	Límites de Atterberg	Espesor de capa
Gravedad específica y absorción (si lo especifica el cartel)	Caras fracturadas	Regularidad superficial
Equivalente de Arena (si lo especifica el cartel)	Gravedad específica y absorción	
Límites de Atterberg	Equivalente de arena	
Terrones de arcilla y partículas friables	Vacios en el agregado fino no compactado	
	Contenido de humedad	
Para los agregados mezclados		
Capacidad de soporte de California	Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	
Curva Próctor modificado	Porcentaje de compactación	
Granulometría	Densidad Próctor modificado	
Caras fracturadas	Capacidad de soporte de California (CBR)	
Partículas planas y elongadas	Regularidad geométrica del acabado superficial	
Vacios en el agregado fino no compactado	Espesor de capa (el ensayo que indique el cartel)	
	Durabilidad	
	Resistencia a la acción de los sulfatos	
Para la regularidad geométrica superficial		
Alineamiento vertical y horizontal	Angularidad	
Ancho y sobre-anchos		
Peraltes y demás detalles del trazado geométrico		
Deformaciones superficiales, con regla de 3 m		

6.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de calidad de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

- Factor de reducción para el polvo (porcentaje pasando la malla 200)

Nivel de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (%)
Nivel 1	± 4.0
Nivel 2	± 5.0
Nivel 3	± 5.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de calidad	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 4] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 5] * 20 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(caso de la compactación o el espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.

- III. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras o mediciones para medir el nivel de calidad para una estimación para pago de obra.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente al Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-lotes correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará previamente establecida en los términos de diferencia de los documentos de licitación.

6.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento

6.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

La reducción de pago en cada nivel de calidad, se aplica al precio total del tem de la sub-base granular colocada.

El tamiz que define el tamaño máximo de la granulometría especificada, no entra en consideración para calcular el factor de reducción, pues es una condición que debe cumplirse siempre.

En cada una de dichas categorías, para el cálculo del factor de reducción para pago, solamente se considerará el tamiz de mayor incumplimiento, de conformidad con el siguiente criterio:

- **Factor de reducción para el agregado grueso**

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (%)
Nivel 1	± 8.0
Nivel 2	± 9.0
Nivel 3	± 10.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: La tolerancia se mide a partir del valor especificado por el Contratista en la curva granulométrica que presentó para la construcción de la base.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 8.0] * 6$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 9.0\%] * 10 + 6.0$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor

i. Factor de reducción de precio por granulometría

Para determinar el factor para reducción de pago por este concepto, se sub-divide la granulometría en 3 categorías:

Agregado grueso	Agregado de tamaño mayor o igual al tamiz No. 4 (inclusive)
Agregado fino	Material que pasa el tamiz No.8, y queda retenido en la malla No. 200.
Polvo	Material que pasa el tamiz No. 200.

El tamiz que define el tamaño máximo de la granulometría especificada, no entra en consideración para calcular el factor de reducción, pues es una condición que debe cumplirse siempre.

En cada una de dichas categorías, para el cálculo del factor de reducción para pago, solamente se considerará el tamiz de mayor incumplimiento, de conformidad con el siguiente criterio:

5.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento

5.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de la base granular colocada.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de calidad
- Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros para pago de obra son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar toda la base colocada y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta, sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

- **Factor de reducción para el agregado fino**

La reducción de precio por granulometría del agregado fino solamente se aplicará al tamiz de mayor incumplimiento.

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	± 6.5
Nivel 2	± 7.5
Nivel 3	± 8.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 6.5] * 6$
Nivel 3	$\% R_2 = [T_{90} - 7.5] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

- **Factor de reducción para el polvo (porcentaje pasando la malla 200)**

La reducción de precio por granulometría solamente se aplicará al tamiz de mayor incumplimiento.

5.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

5.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

Los siguientes son los parámetros para determinar la calidad de la base:

- Granulometría
- Densidad de compactación
- Espesor de capa
- Regularidad superficial

Los parámetros de acabado superficial se incorporarán posteriormente cuando la Administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

Previo a evaluar estos parámetros para pago de obra, en cada estimación el Contratista debe presentar el informe de laboratorio que demuestre el cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y control que defina el cartel, cumpliendo además con la frecuencia mínima de ensayos que se especifique.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [95 - T_{90}] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [94 - T_{90}] * 10 + 8$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: T_{90} es la tolerancia para la cual se alcanza el nivel de confianza del 90%, en el nivel de calidad correspondiente.

iii. Factor de reducción por espesor de capa

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de cumplimiento (cm)
Nivel 1	-1.4 cm a +1.6 cm
Nivel 2	-1.5 cm a +1.9 cm
Nivel 3	-1.5 cm a +2.2 cm
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

5.3 Parámetros de Control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final de la base granular.

Adelante se detallan algunos de los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

Granulometría	ASTM C 126,C117; AASHTO T27, T11
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP e 109
Gravedad específica y absorción	ASTM D854, AASHTO T 100
Equivalente de arena	ASTM C 2419
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252
Contenido de humedad	ASTM D 2216, AASHTO T 265
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	ASTM C 131, C535
Porcentaje de compactación	ASTM D 2726, AASHTO T 166
Densidad Próctor modificado	ASTM D 1557, AASHTO T 180
Capacidad de soporte de California (CBR)	ASTM D 1883, AASHTO T 193
Regularidad geométrica del acabado superficial	
Espesor de capa (el ensayo que indique el cartel)	
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Angularidad del agregado fino	

6.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciadas, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

- Estudio de laboratorio que demuestre que cada fuente de agregados a utilizar (separadamente) cumple con todos los parámetros de aceptación que establece el cartel para materiales de base granular.
- Curva granulométrica que utilizará para la construcción de la base.
- Datos estadísticos de los apilamientos en que se soporta la curva granulométrica propuesta.

5.2 Definición de los parámetros de aceptación

Para analizar los parámetros de aceptación los agregados se separan en dos fracciones. El agregado grueso corresponde al que es retenido en la malla No. 4 y el fino es aquel que pasa la malla No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

5.2.1 Parámetros de aceptación por fuente de agregados

Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	
Índice de abrasión en máquina Los Angeles (*)	ASTM C 131, C535
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	ASTM C88, AASHTO T 104
Gravedad específica y absorción (si lo especifica el cartel)	ASTM C 127, AASHTO T 100
Equivalente de Arena (si lo especifica el cartel)	ASTM D 24109
Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Terrones de arcilla y partículas friables	AASHTO T 112

(*) Solamente se aplica para el agregado grueso.

Capítulo 7: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Base Estabilizada con Cemento

7.1 Requerimientos previos

7.1.1 Aspectos básicos

- En el informe del Contratista de las pruebas de aceptación, el análisis de calidad que se presenta de los agregados, debe corresponder estrictamente a los materiales con que realmente se va a realizar la producción, y por lo tanto, corresponde a los materiales con que se va a construir la base estabilizada con cemento.
- Los parámetros de aceptación de los agregados deben ser estadísticamente representativos, desde el punto de vista de la materia prima con que se va a construir la base estabilizada.
- El documento de solicitud de aceptación del diseño de la base estabilizada es un informe profesional, debidamente editado y firmado por un profesional responsable.

7.2.1 Solicitud de aceptación del diseño de la base estabilizada

El Contratista, previo a iniciar la construcción de la base estabilizada, debe presentar una solicitud de aceptación del diseño de la estabilización para la construcción de la capa de base, que comprende los siguientes aspectos:

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

- Ensayos de laboratorio que utilizará en el campo para demostrar la eficiencia del curado, determinando la resistencia de la capa construida, a los 28 días de edad.

7.2 Definición de los parámetros de aceptación

7.2.1 Parámetros de aceptación por fuente de agregado

- Coeficiente de desgaste de Los Angeles (si lo especifica el cartel) ASTM C 131, C 535
- Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)
- Límites de Atterberg ASTM D 43, AASHTO T 89
- Sanidad ASTM C 88, AASHTO T 104
- Equivalente de arena (si lo especifica el cartel) ASTM D 24194

7.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados mezclados

- Granulometría ASTM C 126, C117; AASHTO T 27, T 11

7.2.3 Parámetros de aceptación para el agua

- Calidad del agua (el ensayo que indique el cartel)

requiere cada una de las etapas de su proceso de producción del tratamiento superficial para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

Porcentaje de compactación

ASTM D 2726, AASHTO T 166

Dosificación del cemento

Dosificación del producto para curado

Espesor de capa

Resistencia en sitio de la base estabilizada a 7 y 28 días

Regularidad geométrica del acabado superficial

Evaluación visual del producto para curado

7.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de calidad de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de calidad de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante el período, con lo cual determinará el nivel de calidad para dicho período, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

7.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

iii. Los siguientes son los parámetros para determinar la calidad de la base estabilizada con cemento:

- Densidad de compactación
- Resistencia a la compresión a los 7 días
- Espesor de capa
- Regularidad superficial

iii. Factor de reducción de pago por dosificación del ligante asfáltico

Nivel de calidad y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% de peso) (2)
Nivel 1	-11 a +11
Nivel 2	-12 a + 12
Nivel 3	-13 a + 13
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

(2) Porcentaje de variación con relación a los l/m² de dosificación del asfalto residual que establece el diseño del tratamiento superficial.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% R ₁ = 0
Nivel 2	% R ₂ = [T ₉₀ - 11] * 6
Nivel 3	% R ₃ = [T ₉₀ - 12] * 8 + 6
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T ₉₀ sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría para cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

7.5 Lineamientos para muestreo y reducción de pago de obra

Para cada proyecto, según sus volúmenes de producción, la Administración definirá la forma de pago del trabajo ejecutado en este ítem de base estabilizada, conforme a los siguientes lineamientos:

- iv. La cantidad a pagar de cada ítem de obra ejecutada será la correspondiente a cada período de estimación de obra para el pago.
- v. De cualquier segmento de la producción del período de estimación de obra para el pago, la Administración tomará muestras o realizará mediciones (caso de la compactación o el espesor) para determinar, por medio de los parámetros de pago, el nivel de cumplimiento de la producción, mismo que contrastará con las respectivas especificaciones y tolerancias, y de esta forma aplicará el correspondiente porcentaje de reducción de pago correspondiente a cada periodo de estimación.
- vi. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras o mediciones para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.

7.6 Cálculo del monto a pagar en función de la calidad

7.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de calidad, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un periodo de estimación de obra para el pago.

Tabla No. 4.2: Tolerancias respecto al valor de diseño según el tamaño máximo especificado de la graduación

Tipo de graduación (según tamaño máximo)	Tamaño máximo	< 25.0 mm T	< 19.0 mm T	< 12.5 mm T	< 9.5 mm T	< 4.75 mm T	< 2.36 mm T	< No. 100 T	200 (1) T
G1	37.5 mm	± 6.5	± 7.0	± 6.0		-	-	-	-
G2	25.0 mm	-	± 6.5	± 7.0	± 6.0	-	-	-	-
G3	19.0 mm	-	-	± 6.5	± 7.0	± 6.0	-	-	-
G4	12.5 mm	-	-	-	± 6.0	± 7.0	± 6.0	-	-
G5	9.5 mm	-	-	-	-	± 6.0	± 6.5	-	-
G6	< 9.5 mm	-	-	-	-	-	± 6.0	± 6.0	-

(1) Esta especificación es un parámetro de aceptación que debe cumplirse siempre.

Nota 1: El porcentaje que pasa por el tamiz que define el tamaño máximo, así como el porcentaje pasando la malla 200, son parámetros de aceptación que deben cumplirse siempre.

Nota 2: Aquellos terrices que, para un determinada graduación no tienen rango de tolerancia especificado, obviamente no aplica el concepto de tolerancia de esta tabla.

- Espesor de la capa
- Deformaciones superficiales

7.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción del precio por calidad de la base estabilizada

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%.

i. Factor de reducción por la densidad de compactación

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% compactación)
Nivel 1	> 96.0
Nivel 2	> 95.0
Nivel 3	> 94.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% $R_1 = 0$
Nivel 2	% $R_2 = [96 - T_{90}] * 6$
Nivel 3	% $R_3 = [95 - T_{90}] * 12 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

A cualquier nivel de deducción de precio, el Contratista tiene la potestad de rehacer completamente el trabajo ejecutado y optar así por construir un lote de producción en un nivel de cumplimiento superior.

El nivel de cumplimiento se calcula por inferencia estadística para un nivel de confianza del 90%:

4.6.2 Cálculo del nivel de cumplimiento y del factor de reducción de precio del tratamiento superficial

De acuerdo en lo señalado en el apartado 4.4.1, para determinar el nivel de cumplimiento se consideran los siguientes parámetros:

- Granulometría
- Dosificación del agregado
- Dosificación del ligante

En todos los casos se calcula el nivel de cumplimiento para una confiabilidad del 90%:

iii) Factor de reducción de pago por granulometría

NOTA 1: La tolerancia granulométrica de la especificación (T), se define en la Tabla No. 4.2, de este mismo apartado.

NOTA 2: Para calcular el nivel de cumplimiento T_{90} , el rango de tolerancia no puede sobrepasar el límite de la especificación.

b. Base tipo BE-35

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (kg/cm ²)
Nivel 1	28-50
Nivel 2	26-51
Nivel 3	26-53
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	% R ₁ = 0
Nivel 2	% R ₂ = [T ₉₀ - 48] * 6
Nivel 3	% R ₃ = [T ₉₀ - 50] * 10 + 6
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T₉₀), se parte del valor de medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de cumplimiento.

de esta forma se calculará el porcentaje de pago correspondiente a cada periodo de estimación.

- III. El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras para medir el nivel de cumplimiento para una estimación para pago de obra.
- IV. Si el pago del ítem de tratamiento superficial se sub-divide (por ejemplo: agregados y emulsión asfáltica), el porcentaje de reducción de pago se aplicará por igual a cada uno de los componentes en que se sub-divide este ítem.

El número de muestras a tomar, lo definirá la Administración en función de la cantidad de producción. En general debe tomarse del orden de 10 muestras o mediciones para medir el nivel de cumplimiento de la producción para una estimación para pago de obra.

En el caso de volúmenes de producción muy altos, excepcionalmente ai Administración puede determinar el nivel de cumplimiento por sub-íotes correspondientes a una misma estimación. Esta condición quedará previamente establecida en los términos de diferencia de los documentos de licitación.

7.6.3 Reducción de precio del ítem

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\sum R_i$ = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

FP = Factor de pago, en porcentaje

7.7 Número mínimo de ensayos a presentar por parte del contratista, para realizar el trámite de estimación de obra para el pago.

Los ensayos deben corresponder a la producción que el Contratista va a someter al trámite de cobro (periodo de estimación).

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Tabla No. 4.1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Por fuente de agregados	Quebrador, para cada tipo de agregado:	
a) Agregado grueso	Granulometría	Dosificación del agregado
Índice de desgaste de Los Angeles	Partículas planas y elongadas	Dosificación del ligante
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	Contenido de polvo	Índice de rugosidad internacional (IRI)
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Caras fracturadas	
Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles	Gravedad específica y absorción	
Caras fracturadas (si lo especifica el cartel)	Límites de Atterberg	
Partículas planas y elongadas (si lo especifica el cartel)	Índice de desgaste de Los Angeles	
Índice laminar (si lo especifica el cartel)	Contenido de humedad	
Gravedad específica y absorción	Equivalente de arena	
	Dosificación de agregados (kg/m ²)	
	Dosificación del ligante (l/m ²)	
b) Agregado fino	Viscosidad del ligante al momento de su aplicación	
Equivalente de arena	Temperatura de aplicación del ligante	
Límites de Atterberg	Contenido de agua de la emulsión	
Vacios en el agregado fino no compactado	Tiempo de rompimiento de la emulsión	
Durabilidad	Tiempo de curado de la emulsión	
Gravedad específica y absorción	Afinidad agregado-ligante	
	Partículas sueltas después de la compactación	
	Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	
	Textura superficial	
Para el tratamiento superficial	Coefficiente de rozamiento	
Granulometría	Barrido de partículas sueltas	
Afinidad agregado – ligante	Dosificación de agregados	
Contenido de polvo	Dosificación del ligante	
Peso unitario	Viscosidad del ligante al momento de su aplicación	
Dosificación de ligante	Índice de Rugosidad Internacional (IRI)	
Dosificación de los agregados	Textura (si se especifica)	
	Coefficiente de rozamiento (si se especifica)	
Para la emulsión		
Tiempo de rompimiento de la emulsión		

4.4 Metodología para determinar el pago de obra, en función de la calidad

Los parámetros para pago de obra, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función del grado de cumplimiento. Teniendo en cuenta que el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción; para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la

NOTA 1: Todos estos ensayos deben muestrearse por triplicado. Dos de las muestras pasarán a la Administración. Si se trata de determinaciones en sitio debe dejarse claramente indicado el sitio donde se hizo la determinación.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

De la fuente de donde se toma el agregado fino, se deben tomar muestras de agregado grueso, para determinar si el tipo de roca utilizada, cumple con los parámetros de dureza y sanidad que se exigen para el agregado grueso en un tratamiento superficial.

4.2.3 Parámetros de aceptación para los agregados combinados según el diseño del tratamiento superficial

Granulometría	ASTM C126, C117; AASHTO I27,11
Afinidad agregado – ligante (el ensayo que indique el cartel)	NLT – 162 (Norma española)
Contenido de polvo	(Porcentaje que pasa la malla No. 200)
Peso unitario	ASTM C 29; AASHTO T 29
Dosificación de los agregados (kg/m^2)	
Dosificación del ligante (l/m^2)	

4.3 Parámetros de Control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final del tratamiento superficial.

Adelante se detallan algunos los parámetros de control, de los cuales el Contratista seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos.

- f. Resultados individuales de los ensayos realizados a cada especimen, donde se demuestra que con el diseño propuesto se alcanza la resistencia especificada para el hormigón.
 - g. Datos preliminares que muestren que está en proceso la prueba para determinar la reactividad álcali-agregado.
 - h. El método de laboratorio que utilizará para demostrar que la resistencia de diseño a los 28 días, efectivamente se está logrando en obra, como comprobación de la idoneidad del sistema constructivo y del proceso de curado.
- IV. Definición de fórmula de trabajo. Una vez que el diseño de mezcla está debidamente aceptado por parte de la administración, el Contratista debe reproducir esa fórmula en su planta de producción de mezcla.
- V. El Contratista tiene la potestad de cambiar su diseño de mezcla, en cuyo caso, debe hacer el trámite completo ante la Administración, para someter a consideración un nuevo diseño de mezcla.
- VI. El Contratista debe tener debidamente aceptado su diseño de mezcla, previo a iniciar la producción. Aunque la Administración emita la aceptación del diseño presentado por el contratista, éste seguirá siendo el único responsable por la calidad de la producción y del propio diseño de mezcla.
- VII. El diseño de mezcla debe incluir todos los ensayos de laboratorio realizados en los quebradores, así como en los apilamientos de agregados, debidamente analizados estadísticamente, como fundamento de soporte de la granulometría que propone en el diseño de mezcla.
- VIII. Certificación de la planta. La Administración definirá las exigencias de certificación permanente que debe cumplir una planta de producción de hormigón, y que debe mantener vigentes durante todo el proceso de producción.
- IX. El diseño de mezcla queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambia una o más fuentes de agregados.

de soporte de la granulometría que propone en el diseño del tratamiento superficial

- vii. Certificación de los equipos. La Administración definirá las exigencias de certificación permanente que deben tener los equipos utilizados en la construcción del tratamiento superficial (dosificador de emulsión, distribuidor de agregados, compactadores, etc), y que debe mantener vigentes durante todo el proceso de producción.
- viii. Con el diseño del tratamiento superficial deben presentarse todos los resultados de los ensayos que demuestren que la materia prima y el tratamiento superficial, cumplen con todos los parámetros de aceptación especificados.
- ix. En el informe de diseño del tratamiento superficial el Contratista debe indicar la norma utilizada en cada ensayo y anexar la memoria de cálculo del diseño.
- x. El diseño del tratamiento superficial queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambia una o más fuentes de agregados.

4.2 Definición de los parámetros de aceptación

4.2.1 Parámetros de aceptación del agregado

Para analizar los parámetros de aceptación del agregado, se separan éstos en dos fracciones, según sus tamaños. El agregado grueso corresponde al que es retenido en el tamiz No. 4 y el fino es aquel que pasa el tamiz No.4.

Estos parámetros de aceptación los debe cumplir cada fuente de agregados individualmente.

8.2.2 Parámetros de aceptación para el cemento

Consistencia	ASTM C 186, AASHTO T 129
Tiempo de fragua sin aditivo	ASTM C 191, AASHTO T 131
Contenido de cenizas	
Tipo de cemento (según especificaciones)	
Tiempo de fragua con el acelerante y/o plastificante.	ASTM C 191, AASHTO T 131
Resistencia a compresión en cubos de 2" cm x 2" con arena sílica	AASHTO C 109, AASHTO T 106

Certificado de calidad del cemento que demuestre que cumple con la especificación AASHTO M-85 98, o cualquier otra que indique el cartel para el tipo de cemento especificado.

8.2.3 Parámetros de aceptación para el agua

Acidez (pH)	AASHTO 210
Contenido de cloruros	ASTM D 512
Contenido de residuos solubles	AASHTO T 26
Contenido de sulfatos	ASTM D 516
Contenido de materia orgánica	AASHTO T 26

8.2.4 Parámetros de aceptación para el hormigón

Resistencia a compresión de cilindros de 15cm X 30 cm de mezcla de prueba	ASTM C 109, AASHTO T 106
Revenimiento	ASTM C 395
Módulo de rotura en vigas	ASTM C 39, AASHTO T 22
Prueba de curado	ASTM C 171
Certificado de calidad para los aditivos	

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

- Procedimiento de vibrado del hormigón.
- Procedimiento para control del espesor de capa.
- El procedimiento de acabado superficial y pre-texturizado.
- El tiempo para ranurado.
- La geometría de la ranura de las juntas longitudinales y transversales.
- Correcta aplicación del material de curado (para la superficie y los bordes)
- El tipo y geometría del material sellante.
- La condición de los bordes de las ranuras.
- La geometría de las ranuras de texturizado.
- El coeficiente de rozamiento.
- La geometría de los bordes de las losas.
- El índice de rugosidad internacional (IRI) especificado.
- Además, el Contratista debe demostrar de forma fehaciente, que efectivamente el pavimento está alcanzando la resistencia especificada a 28 días, de conformidad con lo indicado en el punto 8.1.1.h. Este es un requisito a cumplir para el trámite de las estimaciones.

Tabla No. 3.2: Número mínimo de ensayos a los agregados de la mezcla, como requisito para trámite de estimación de obras

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Partículas planas y elongadas	1 @ 10000 ton	1/semana
Caras fracturadas	1 @ 5000 ton	2/semana
Gravedad específica	1 @ 10000 ton	1/semana
Absorción	1 @ 10000 ton	1/semana
Equivalente de arena	1 @ 25000 ton	2/mes
Vacios en el agregado fino no compactado	1 @ 10000 ton	1/semana
Contenido de humedad de los agregados		2/día por apilamiento
Índice de abrasión en máquina Los Angeles	1 @ 75000 ton	½ meses
Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos)	1 @ 75000 ton	½ meses
Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	1 @ 75000 ton	½ meses

(1) Esta cantidad mínima de ensayos aplica en aquellos casos donde el volumen de producción es pequeño, y al calcular el número de ensayos en función del régimen de producción, la frecuencia daría menor a lo que se indica en esta columna.

Partículas blandas o deletéreas	ASTM c142; AASHTO T 112
Pesos unitarios sueltos y envarillados	ASTM C 29, AASHTO T 19
Porcentaje pasando la malla 200	ASTM C 126,C117; AASHTO T27, T11
Angularidad del agregado fino (si lo especifica el cartel)	
Durabilidad	AASHTO T 210

8.3.2 Parámetros de control del agua

Acidez (pH)	AASHTO 210
Contenido de cloruros	ASTM D 512
Contenido de residuos solubles	AASHTO T 26
Contenido de sulfatos	ASTM D 516
Contenido de materia orgánica	AASHTO T 26
Contenido de grasas	
Certificado de calidad	

8.3.3 Parámetros de control para el cemento

Consistencia	ASTM C 186, AASHTO T 129
Tiempo de fragua sin aditivo	ASTM C 191, AASHTO T 131
Contenido de cenizas	
Tipo de cemento (según especificaciones)	
Tiempo de fragua con el acelerante y/o plastificante.	ASTM C 191, AASHTO T 131
Resistencia a compresión en cubos de 2" cm x 2" con arena sílica	ASTM C 109, AASHTO T 106

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 10] * 3$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 13] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si el T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

3.6.4 Reducción total del precio del ítem de mezcla asfáltica

Para obtener la reducción total del precio del ítem se suman los porcentajes de reducción correspondientes a cada parámetro de pago.

Luego se obtiene el factor de pago para la mezcla asfáltica de la siguiente forma:

$$\%FP = 100 - \sum \%R_i$$

Donde:

$\sum R_i$ = Porcentaje de reducción de pago calculado para cada parámetro de pago

FP = Factor de pago, en porcentaje

- Control del revenimiento del concreto que se deposita delante de la pavimentadora.
- Control total del tiempo de fraguado:
 - Hora de despacho de la vagoneta
 - Hora de colocación
 - Tiempo de ranurado
 - Tiempo de curado
- Control de las condiciones ambientales: temperatura, viento, humedad del aire, lluvia, etc.
- Control de fisuración superficial
- Control del proceso de terminación:
 - Afinado de la superficie y los bordes
 - Pre-texturizado
 - Texturizado (ranurado)
 - Curado superficial y de los bordes
 - Ranurado de las juntas longitudinales y transversales (geometría y condición de los bordes)
 - Sellado de las juntas
- Control de espesores
- Control de la regularidad superficial (IRI)
- Control de la limpieza de las ranuras previo a la colocación del sellado de las juntas.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 9.0] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 10] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

ii) Por espesor de capa

Se sub-divide en dos casos, según el espesor de capa a colocar:

- a. $E < 7.0$ cm
- d. $E > 7.0$ cm

E = espesor de capa asfáltica (cm)

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T_{90}), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento. En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

8.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

8.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

Los siguientes son los parámetros de pago de la mezcla de concreto:

- Espesor de losa
- Resistencia a flexotracción a los 28 días
- Índice de rugosidad internacional
- Coeficiente de rozamiento

Los parámetros de acabado superficial se incorporarán posteriormente cuando la administración defina las especificaciones para aceptación de la condición superficial.

e. Tamiz No. 200

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	± 1.8
Nivel 2	± 2.0
Nivel 3	± 2.2
Nivel 4	Nivel de rechazo si el rango sobrepasa $\pm 2.2\%$

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 1.8] * 30$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 2.0] * 50 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si el T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría este cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

8.6 Cálculo del Monto a Pagar en Función de la Calidad

8.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de calidad, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago de obra.

La reducción de pago en cada nivel de calidad, se aplica al precio total del ítem de losas de hormigón.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo.

El nivel de rechazo se alcanza cuando:

- a) Un parámetro individualmente alcanza dicho nivel de cumplimiento.
- b) Cuando la sumatoria de deducciones de los parámetros para pago de obra son mayores al 50% del precio del ítem.

En el nivel de rechazo, el Contratista debe levantar todo el pavimento de hormigón colocado y volver a construir conforme a los compromisos contractuales, todo por su propia cuenta y sin que medie ampliación de plazo por este concepto.

c. Para las mallas menores al tamiz No. 8 hasta el No. 30 inclusive

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando)
Nivel 1	± 4.0
Nivel 2	± 5.0
Nivel 3	± 5.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa $\pm 5.5\%$

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 4.0] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 5.0] * 20 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado en la granulometría para cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [97 - T_{90}] * 3$
Nivel 3	$\% R_2 = [95\% - T_{90}] * 6 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

ii) **Espesor de losa**

Nivel de cumplimiento	Tolerancia (mm)
Nivel 1	-7.0 a +8.0
Nivel 2	-8.0 a +10.0
Nivel 3	-9.0 a +12.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Nota: Para calcular el rango para el cual el nivel de cumplimiento es del 90% (T_{90}), se parte del valor medio correspondiente a cada nivel, y se abre el intervalo en igual magnitud en ambas direcciones, hasta lograr el 90% de cumplimiento, En el caso que no se logre ese 90% de cumplimiento se cae en el nivel 4 de incumplimiento.

a. Para el tamiz No. 4

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando) (1)
Nivel 1	± 7.5
Nivel 2	± 8.5
Nivel 3	± 9.5
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa $\pm 9.5\%$

(1) Este rango se mide a partir de el valor correspondiente de granulometría del diseño de mezcla.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 7.5] * 6$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 8.5] * 10 + 6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si T_{90} sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

Para determinar el rango para el cual se logra el cumplimiento al nivel de confianza del 90%, se abre la tolerancia a partir del valor de diseño especificado para cada tamiz, y no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todas en un determinado momento, sino que estos ensayos deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, solamente son un requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción de losas de hormigón para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

Tabla No. 8.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación de obras para base granular

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima
Granulometría	1 @ 200 m ³	2/semana
Terrones de arcillas (el ensayo que indique el cartel)	1 @ 300 m ³	2/mes
Resistencia a la acción de los sulfatos (sanidad)	1 @ 3000 m ³	1/mes
Índice de caras fracturadas	1 @ 1000 m ³	2/mes
Partículas planas y elongadas	1 @ 1000 m ³	2/mes
Módulo de finura de la arena	1 @ 300 m ³	2/semana
Gravedad específica y absorción	1 @ 500 m ³	1/mes
Índice de abrasión en máquina de Los Angeles	1 @ 4000 m ³	½ meses

ii) Para la granulometría

Para calcular el nivel de cumplimiento de los parámetros granulométricos, rigen los mismos conceptos anteriores, o sea, se calcula a partir del valor especificado en la granulometría del diseño de mezcla, pero adicionalmente en este caso, el rango correspondiente a cada nivel de aceptación para calcular el T_{90} , no puede sobrepasar el límite del rango de la especificación.

▪ Factor de reducción para el agregado grueso

Este factor sólo se aplica al tamiz de esta fracción gruesa de mayor incumplimiento, y solo se incluye en este análisis las tamices que están indicados en la especificación de granulometría.

Niveles de cumplimiento y sus tolerancias

Nivel de cumplimiento	Rango de aceptación (% pasando) ⁽¹⁾
Nivel 1	± 7.0
Nivel 2	± 8.0
Nivel 3	± 9.0
Nivel 4	Nivel de rechazo si el rango sobrepasa ± 9.0%

(1) Este rango se mide a partir del valor correspondiente de granulometría del diseño de mezcla.

Resistencia a compresión a los 7 días	Control permanente	
Resistencia a la compresión a los 28 días	Control permanente	
Resistencia a la flexotracción a los 7 días	Control permanente	
Resistencia a la flexotracción a los 28 días	Control permanente	
Revenimiento	Control permanente	
Contenido de aire	Control permanente	
Temperatura de colocación del hormigón	Control permanente	
Certificados de calidad de los aditivos	Control permanente	
Permeabilidad	Control permanente	
Verificación de la resistencia a compresión de las losas de hormigón	Control permanente	
Rugosidad Superficial	Control permanente	

(*) Uno en el diseño de mezcla y durante el proceso constructivo según lo solicite la ingeniería de proyecto.

El cumplimiento con estos requerimientos de frecuencia y tipo de ensayo para el trámite de la estimación de obra para el pago, NO exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir en todo momento con todos los parámetros de aceptación. Para cumplir con esta exigencia, el Contratista debe poner en ejecución el plan de calidad que requiera su proceso constructivo.

Factor de reducción de pago:

Nivel de cumplimiento	Factor de reducción (%)
Nivel 1	$\% R_1 = 0$
Nivel 2	$\% R_2 = [T_{90} - 0.55] * 110$
Nivel 3	$\% R_3 = [T_{90} - 0.61] * 170 + 6.6$
Nivel 4	Nivel de rechazo si la tolerancia sobrepasa el rango establecido en el nivel 3

NOTA: T_{90} es el rango para la cual se alcanza el cumplimiento a un nivel de confianza del 90%, ya sea en el nivel 1, en el nivel 2 de cumplimiento o en el nivel 3 de cumplimiento.

Ejemplo:

Se tiene un lote de producción de mezcla asfáltica que cumple a una tolerancia de ± 0.56 , para un nivel de confianza del 90%.

De acuerdo con la tabla de cumplimiento este lote está en el nivel 2, por lo tanto, le corresponde el nivel de reducción de pago $\%R_2$.

Para este caso,

$$\% R_2 = [T_{90} - 0.55] * 110$$

$$\% R_2 = [0.56 - 0.55] * 110 = 1.0\%$$

De acuerdo con esto, el pago correspondiente, si cumple con todos los demás parámetros de pago será:

- Espesor de capa a colocar y compactar.
- El procedimiento que utilizará para comprobar posibles variaciones en el tipo de material que está utilizando y su correspondiente curva Próctor para control de compactación
- El procedimiento que utilizará para el control geométrico y topográfico del trabajo a ejecutar.
- Los asuntos ambientales que debe cumplir para la ejecución de los trabajos (reposición de suelos, enzacatado, reposición de capa vegetal, etc)

9.2 Parámetros de aceptación

Los materiales a utilizar en los trabajos de terraplenado o rellenos deben cumplir con las siguientes condiciones de aceptación:

Límites de Atterberg	ASTM D 423, AASHTO T 89
Clasificación (según el método que especifique el cartel)	
Contenido de humedad de compactación	ASTM 2216; AASHTO T 96
Capacidad de soporte (CBR)	ASTM D 1883; AASHTO T 193
Granulometría (si son materiales granulares)	ASTM C 126; AASHTO T 27, T11
Curva Próctor del material (cada tipo de material debe tener asociado la curva Próctor que le corresponde)	

i) Parámetros para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla producida

- Contenido de asfalto
- Granulometría (1)
 - Gruesos (1.1)
 - Finos (1.2)
 - Polvo (1.3)

(1) En cada una de las tres categorías (1.1,1.2,1.3), se considera solamente el tamiz de mayor incumplimiento, o sea, el de mayor nivel de reducción de pago.

(1.1) Gruesos: Se refiere al porcentaje que pasa, en todos aquellos tamices de abertura mayor a 4.75 mm (Tamiz No. 4)

(1.2) Finos: Se refiere al porcentaje que pasa el tamiz No. 4 (incluido éste), hasta el tamiz No. 100 (excluido este).

(1.3) Polvo: Porcentaje del agregado que pasa por el tamiz No. 200.

ii) Parámetros para determinar el nivel de cumplimiento en compactación y colocación de la mezcla

- Vacíos en la mezcla compactada
- Espesor de la capa asfáltica

Una vez que se conoce el nivel de cumplimiento de cada uno de estos parámetros, se aplica el siguiente procedimiento para determinar el porcentaje de reducción de precio:

a) Se calcula la tolerancia para la cual cada parámetro alcanza su nivel de cumplimiento a un nivel de confianza del 90%.

b) Dicha tolerancia se contrasta con la tabla correspondiente para calcular el factor de reducción del pago.

Tabla No. 9.1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Límites de Atterberg Clasificación (según el método de clasificación de la AASHTO) Contenido de humedad de compactación Capacidad de soporte (CBR) Granulometría (si son materiales granulares) Curva Próctor del material	Límites de Atterberg Clasificación Contenido de humedad de compactación Capacidad de soporte (CBR) Granulometría (en materiales granulares) Densidad de compactación Curva Próctor del material Geometría de cortes o taludes Alineamiento y trazado geométrico Regularidad de la superficie compactada Espesor de capa a compactar	Densidad de compactación

9.4 Metodología para el pago en función de la calidad

Adelante se indican los parámetros tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función de la calidad. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante dicho período, con lo cual determinará el nivel de cumplimiento, con base en los parámetros de pago establecidos en el cartel.

En el caso de que una misma planta suministre mezcla para distintos proyectos, la Administración definirá el procedimiento de muestreo a aplicar para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla para cada proyecto.

- iii Si el pago del ítem de mezcla asfáltica se sub-divide, por ejemplo en: agregados, polímero y cemento asfáltico, el porcentaje de reducción de pago se aplicará por igual a cada uno de los componentes en que se sub-divide este ítem.

3.6 Cálculo del monto a pagar en función del nivel de cumplimiento

3.6.1 Aspectos generales

Definidos los parámetros de pago y sus tolerancias, se establecen cuatro rangos o niveles de cumplimiento, para pago o rechazo de la obra ejecutada en un período de estimación para pago.

Los niveles de cumplimiento son los siguientes:

Nivel 1: Lo pactado en el contrato.

Nivel 2: Segundo nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 3: Tercer nivel de cumplimiento aceptable.

Nivel 4: Nivel de rechazo del trabajo realizado

La reducción de pago en cada nivel de cumplimiento, se aplica al precio total del ítem de la mezcla colocada y compactada, conforme a lo indicado en el punto (iii), del apartado 3.5.

Las muestras para la realización de estos ensayos no se pueden acumular todos en un determinado momento, sino que deben ser uniformemente distanciados, de conformidad con el avance de la producción.

Estos ensayos NO corresponden a un sistema de control de calidad, son requisito para el trámite de la estimación. El control de calidad es responsabilidad del Contratista, y corresponde a éste establecer el tipo y frecuencia de ensayo que requiere cada una de las etapas de su proceso de producción para asegurar la calidad y la uniformidad del producto final.

Las muestras que se hagan para realizar los ensayos deben ser representativas, además deben ser supervisados por la Ingeniería de proyecto.

Las muestras que se tomen para realizar estos ensayos deben ser representativas, además el muestreo debe ser supervisado por la Ingeniería de Proyecto. Todas estas muestras se toman por triplicado y dos de ellas se envían a la Administración. En caso de determinaciones en sitio debe quedar indicado claramente el lugar donde se hizo la medición.

Tabla No. 9.2: Número mínimo de ensayos para trámite de estimación de obras para base granular

Ensayo	Frecuencia	Frecuencia mínima (1)
Límites de Atterberg	1/10000 m ³	1/semana
Clasificación (según AASHTO)	1/15000 m ³	1/semana
Contenido de humedad de compactación	Control permanente	Control permanente
Capacidad de soporte (CBR)	1/15000 m ³	1/semana
Granulometría (en materiales granulares)	1/10000 m ³	1/semana
Curva Próctor del material	Control permanente	Cada vez que hay cambio de material
Geometría de cortes o taludes	-	Control permanente
Alineamiento y trazado geométrico	-	Control permanente
Regularidad de la superficie compactada	-	Control permanente
Espesor de capa a compactar	-	Control permanente

Tabla No. 1: Resumen de parámetros de calidad

Parámetros de Aceptación	Parámetros de Control	Parámetros de Pago
Agregados	Agregados	Mezcla Producida
a) Agregado Grueso Índice de abrasión en máquina Los Angeles Sanidad Durabilidad (el ensayo que indique el cartel) Residuo insoluble en la prueba de carbonatos solubles (si los agregados son de origen calcáreo) Absorción (si lo especifica el cartel) b) Agregado fino Absorción (si lo especifica el cartel) Sanidad Equivalente de Arena Durabilidad (el ensayo que indique el cartel) Límites de Atterberg	Granulometría Partículas planas y elongadas Límites de Atterberg Caras fracturadas Gravedad específica Absorción Equivalente de arena Vacíos en el agregado fino no compactado Contenido de humedad Índice de abrasión en máquina Los Angeles Sanidad (resistencia al efecto de sulfatos) Durabilidad (el ensayo que indique el cartel)	Porcentaje de asfalto Granulometría
		Mezcla Colocada
		Porcentaje de vacíos Espesor de capa
		Condición superficial
		IRI: índice de rugosidad internacional CRT: coeficiente de rozamiento transversal
Agregados mezclados	Asfalto	
Agregado grueso	Viscosidad a 125 °C, 135 °C, 145 °C. Temperatura de mezclado y de compactación Viscosidad retenida Pérdida de masa en película delgada	
Caras fracturadas Partículas planas y elongadas Agregado fino Vacíos en el agregado fino no compactado	Ductilidad retenida Mezcla producida en planta	
Parámetros de aceptación de la mezcla asfáltica	Gravedad específica y absorción del agregado Caras fracturadas Partículas planas y elongadas Vacíos en el agregado fino no compactado Granulometría Estabilidad Marshall Flujo Marshall Vacíos en el agregado mineral Vacíos llenos de asfalto Gravedad específica máxima teórica Razón polvo/asfalto efectivo Contenido de asfalto efectivo Contenido total de asfalto Viscosidad a 60 °C de asfalto extraído de la mezcla Vacíos en la mezcla (pastillas Marshall) Durabilidad	
Durabilidad (o los ensayos que indique el cartel) Gravedad específica y absorción del agregado Gravedad específica y absorción del agregado Caras fracturadas Partículas planas y elongadas Vacíos en el agregado fino no compactado Granulometría Estabilidad Marshall Flujo Marshall Vacíos en el agregado mineral Vacíos llenos de asfalto Gravedad específica máxima teórica Razón polvo/asfalto efectivo Contenido de asfalto efectivo Contenido total de asfalto Viscosidad a 60 °C de asfalto extraído de la mezcla Vacíos en la mezcla (pastillas Marshall)	Mezcla compactada	
	Tramos de prueba (densidad de referencia) Índice internacional de rugosidad (IRI) Vacíos de la mezcla compactada Coeficiente de rozamiento Textura Espesor de la capa	

ANEXOS

3.4 Metodología para determinar el pago de obra, en función de la calidad

Los parámetros de calidad para el pago de obra son tales que, en un proceso de producción controlado, permiten determinar el nivel de cumplimiento de la producción por lote y por lo tanto, son indicadores objetivos para determinar el monto a pagar en función del grado de cumplimiento. Como el Contratista garantiza en la oferta la uniformidad del proceso de producción, para determinar el nivel de cumplimiento de la producción de un período (estimación de obra para el pago), la Administración tomará muestras en cualquier momento durante el período de estimación para pago de obra, para lo cual determinará el nivel de cumplimiento de la producción para dicho período, con base en los parámetros de pago y criterios establecidos.

3.4.1 Parámetros de calidad para el pago de la obra

Los siguientes son los parámetros a utilizar para determinar el nivel de cumplimiento de la mezcla asfáltica.

- i. Para la mezcla producida
 - Granulometría
 - Contenido de asfalto

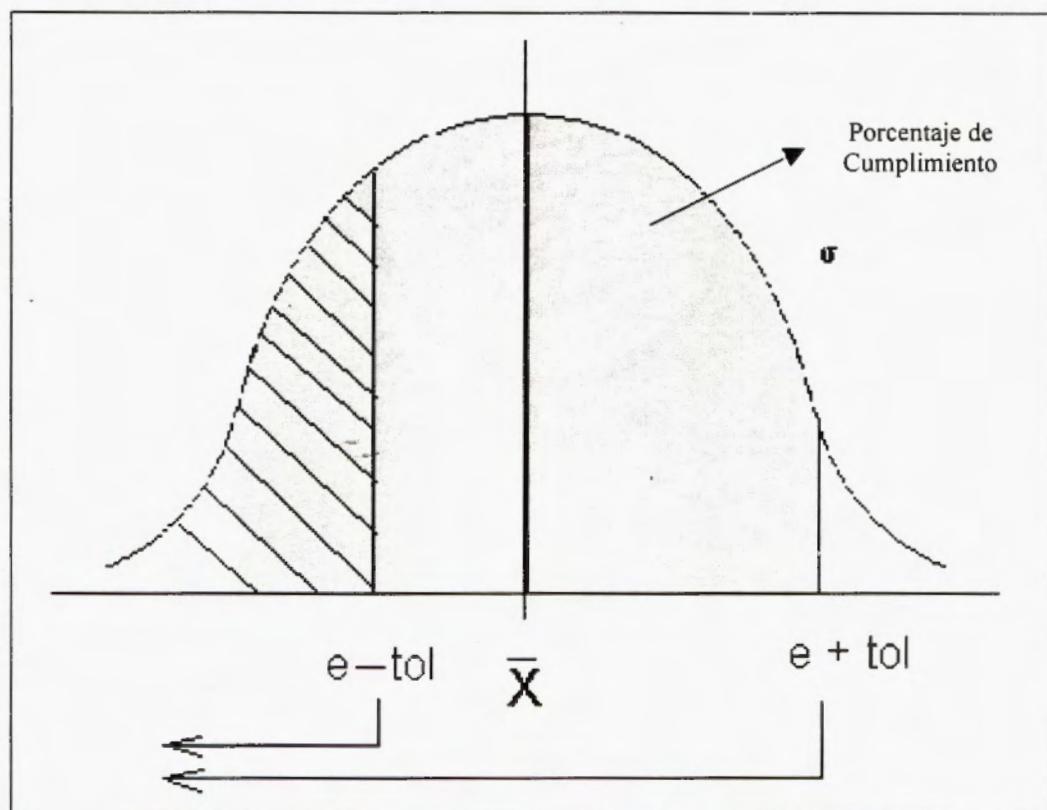
- ii. Para la colocación y compactación de la mezcla:
 - Porcentaje de vacíos
 - Espesor de la capa asfáltica

1. Ejemplo de cálculo del porcentaje de cumplimiento

1.1 Metodología para el Cálculo del Nivel de Cumplimiento

La metodología de cálculo del porcentaje de cumplimiento se basa en el análisis estadístico de los resultados, mediante la utilización, en primera instancia de la prueba de normalidad, para comprobar de esta manera, que el comportamiento de la muestra se acerca al de una distribución normal.

En la siguiente figura se indica gráficamente el concepto aplicado en el cálculo del porcentaje de cumplimiento:



3.3.3 Parámetros de control para los aditivos que se incorporan a la mezcla

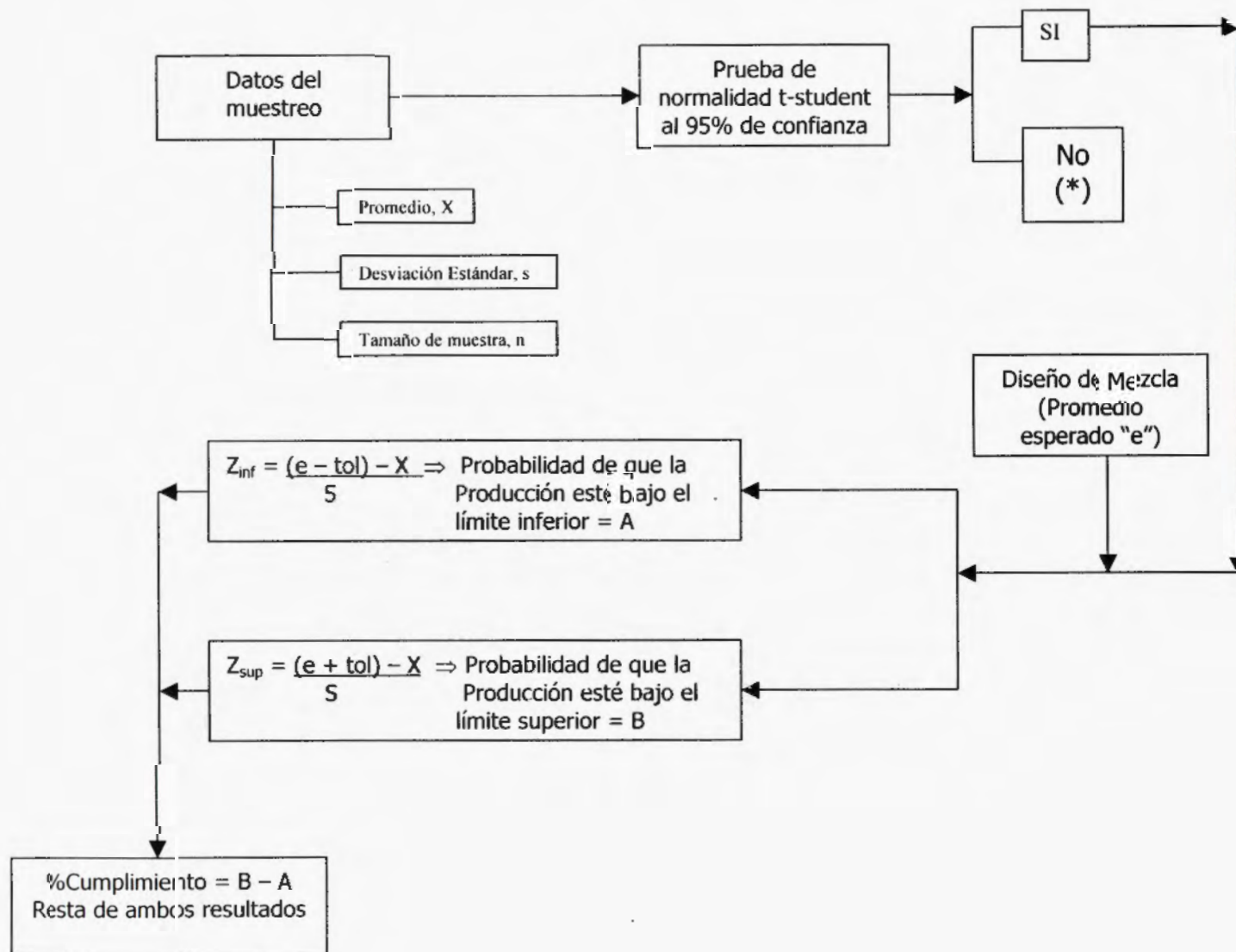
Según sea el tipo de aditivo, el Contratista debe mantener vigente el certificado de calidad del fabricante que demuestre que el producto mantiene las propiedades que tenía al momento de efectuar el diseño de mezcla, y que dichas propiedades se mantienen uniformemente a lo largo del proceso constructivo.

3.3.4 Parámetros de control para la mezcla producida en planta

El Contratista, en función del sistema de calidad que diseñe, definirá la cantidad y tipo de ensayos de control que realizará a los agregados mezclados conforme al diseño de mezcla, tanto antes como después de efectuado el proceso en la planta, así como a la mezcla propiamente. Forman parte de estos ensayos de control, por ejemplo, los siguientes:

Gravedad específica y absorción del agregado fino	ASTM C 128; AASHTO T 84
Gravedad específica y absorción del agregado grueso	ASTM C 127; AASHTO T 100
Caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Gravedad específica máxima teórica	ASTM D 2041/AASHTO T 209
Densidad	ASTM D 70, AASHTO T 228
Granulometría	ASTM C126, C 117; AASHTO T 27, T 11
Estabilidad Marshall	ASTM D 1589; AASHTO T 245
Flujo Marshall	ASTM D 1589; AASHTO T 245
Vacios en el agregado mineral	
Vacios llenos de asfalto	
Contenido de agua de la mezcla	ASTM D 95
Razón polvo/asfalto	

Diagrama de Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento



Otros ensayos de durabilidad (si lo especifica el cartel).

Resistencia a deformación permanente de la mezcla (si lo especifica el cartel)

El análisis de resistencia retenida debe presentarse de conformidad con las especificaciones contractuales.

3.3 Parámetros de control

Los ensayos de control deben cubrir desde la fase de producción de los agregados en el quebrador, hasta la compactación y el acabado final de la mezcla asfáltica.

Adelante se detallan los parámetros de control, de los cuales el Contratista, seleccionará los que estime necesarios para garantizar uniformidad y calidad del proceso constructivo. Solamente en los casos en que así se indique debe realizar la frecuencia mínima de ensayos especificada. Al diseñar su sistema de control de calidad, el Contratista debe garantizar uniformidad y calidad en sus procesos, por lo tanto el Contratista decidirá además qué otros ensayos incorporará en su proceso de control para asegurar el cumplimiento de las exigencias de calidad. Así mismo el Contratista debe decidir el tipo y frecuencia de ensayo con que controlará cada etapa del proceso de producción.

3.3.1 Parámetros de control para el agregado:

Granulometría	ASTM C126, C 117; AASHTO T 27, T 11
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Límites de Atterberg	ASTM D 43, AASHTO T 89
Caras fracturadas	MOP E 109
Gravedad específica	ASTM D854, AASHTO T 100
Absorción	ASTM C 127, AASHTO T 85

a) Cálculo del límite inferior

$$Z_{\text{inf}} = \frac{(5.8 - 0.6) - 5.74}{0.70} = -0.77$$

$$Z_{\text{sup}} = \frac{(5.8 + 0.60) - 5.74}{0.70} = 0.94$$

Las áreas en la curva normal asociadas para estos valores de Z, son las siguientes:

$$\text{Probabilidad de } Z_{\text{inf}} = 0.2206 = A$$

$$\text{Probabilidad de } Z_{\text{sup}} = 0.82 = B$$

Al restar B- A, se obtiene un **porcentaje de cumplimiento de 59%**.

3.2.2 Parámetros de aceptación para los agregados mezclados de conformidad con el diseño de mezcla (sin pasar por el quemador)

i. Agregado grueso

Caras fracturadas	MOP E 109
Partículas planas y elongadas	ASTM D 4791
Gravedad específica y absorción	ASTM C 127; AASHTO T 100

ii. Agregado fino

Gravedad específica y absorción	ASTM C 127, AASHTO T 85
Vacios en el agregado fino no compactado	ASTM C 1252

3.2.3 Parámetros de aceptación para el asfalto

En todo momento el ligante asfáltico que se utiliza en la planta para la producción de la mezcla, debe contar con un certificado de calidad que demuestre de forma fehaciente que el asfalto cumple satisfactoriamente todas las especificaciones vigentes. Además, el Contratista debe tener siempre a disposición de la Administración, el certificado de calidad del asfalto con que está produciendo la mezcla, incluido el cálculo de la temperatura de mezclado.

a. Porcentaje de cumplimiento para la producción de mezcla asfáltica

Item	Nivel de calidad 1 (% de pago)		Nivel de calidad 2 (% de pago)		Nivel de calidad 3 (% de pago)		Rechazo	
	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción
Contenido de asfalto	88.3	-	92	8.4	-	-	-	-
% Pasando Malla 9.5 mm	94.1	0		-			-	-
% Pasando Malla No. 4	87.7	-	93.3	8.0			-	-
% Pasando Malla No. 8	90.6	0					-	-
% Pasando Malla No. 50	99.7	0					-	-
% Pasando Malla No. 200	99.2	0		-			-	-

b. Porcentaje de cumplimiento para la mezcla asfáltica colocada

Para el caso de la mezcla asfáltica colocada, en cuanto al porcentaje de vacíos y el espesor de mezcla, el valor del rango de cumplimiento corresponde al tamaño total del intervalo necesario para cumplir 90% de los datos dentro de ese rango.

En este caso

Item	Nivel de calidad 1 (% de pago)		Nivel de calidad 2 (% de pago)		Nivel de calidad 3 (% de pago)		Rechazo	
	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción	% Cump.	Factor de reducción
Espesor	92.3	0						
Contenido de vacíos	98.4	0						

c. Cálculo del factor de pago

Según el inciso 3.6.3, reducción de precio del ítem, el factor de pago para la producción de mezcla asfáltica analizada es el siguiente:

$$\sum R_t = \sum \% R_i$$

- ix. En el informe de diseño de mezcla el Contratista debe indicar la norma utilizada en cada ensayo y los valores individuales obtenidos en los ensayos para cada espécimen.
- x. El diseño de mezcla queda aceptado para las fuentes de agregados que específicamente estaban indicadas en la solicitud, por tanto, éste no aplica si se cambian una o más fuentes de agregados.
- xi. Con el diseño de mezcla deben presentarse todos los resultados de los ensayos que demuestren que la materia prima y la mezcla como tal, cumplen con todos los parámetros de aceptación especificados.

3.1.2 Calibración y certificación de la planta de mezcla asfáltica

El Contratista, bajo su responsabilidad y vigilancia, debe mantener debidamente calibrado y en perfecto estado de funcionamiento, todo el equipo de producción y despacho de mezcla asfáltica.

La Administración definirá los requerimientos de certificación que exigirá a estos equipos, y que deben cumplirse satisfactoriamente durante todo el proceso de producción de la mezcla asfáltica.

3.2 Parámetros de aceptación

3.2.1 Parámetros de aceptación para los agregados

Para analizar los parámetros de aceptación, se separan los agregados desde el punto de vista de la granulometría, en dos fracciones. El agregado grueso

3. Formulación del análisis por tramos homogéneos

1. Introducción

Para determinar la variabilidad de los resultados de laboratorio, de una planta de producción de mezcla o de un proyecto específico, es necesario implementar una metodología de análisis estadístico que permita determinar si esa producción tiene características similares a lo largo del tiempo, o presenta variaciones significativas.

Estas variaciones pueden corresponder a dos aspectos: Cambio en el diseño de mezcla o un manejo irregular de la producción. Esto hace necesario la adquisición de los diseños, para ubicarlos en el tiempo y determinar si las variaciones tienen que ver con un cambio en éstos o el mal manejo de la mezcla indicado anteriormente.

2. Procedimiento de Análisis

2.1 Análisis de Resultados con el programa SPEC

Los resultados de laboratorio que han sido tabulados en la base de datos, se analizarán con el programa de análisis estadístico SPEC, con el objetivo de determinar en cuantos "*segmentos homogéneos*" se divide la muestra total. Estos intervalos deben anotarse para dar inicio al análisis estadístico.

Luego, se analizará la muestra mediante una de las dos metodologías siguientes, de acuerdo a lo que se indica a continuación:

Si la muestra tiene dos segmentos homogéneos se usa la **metodología A**. Si la muestra tiene más de dos segmentos homogéneos se emplea la **metodología B**.

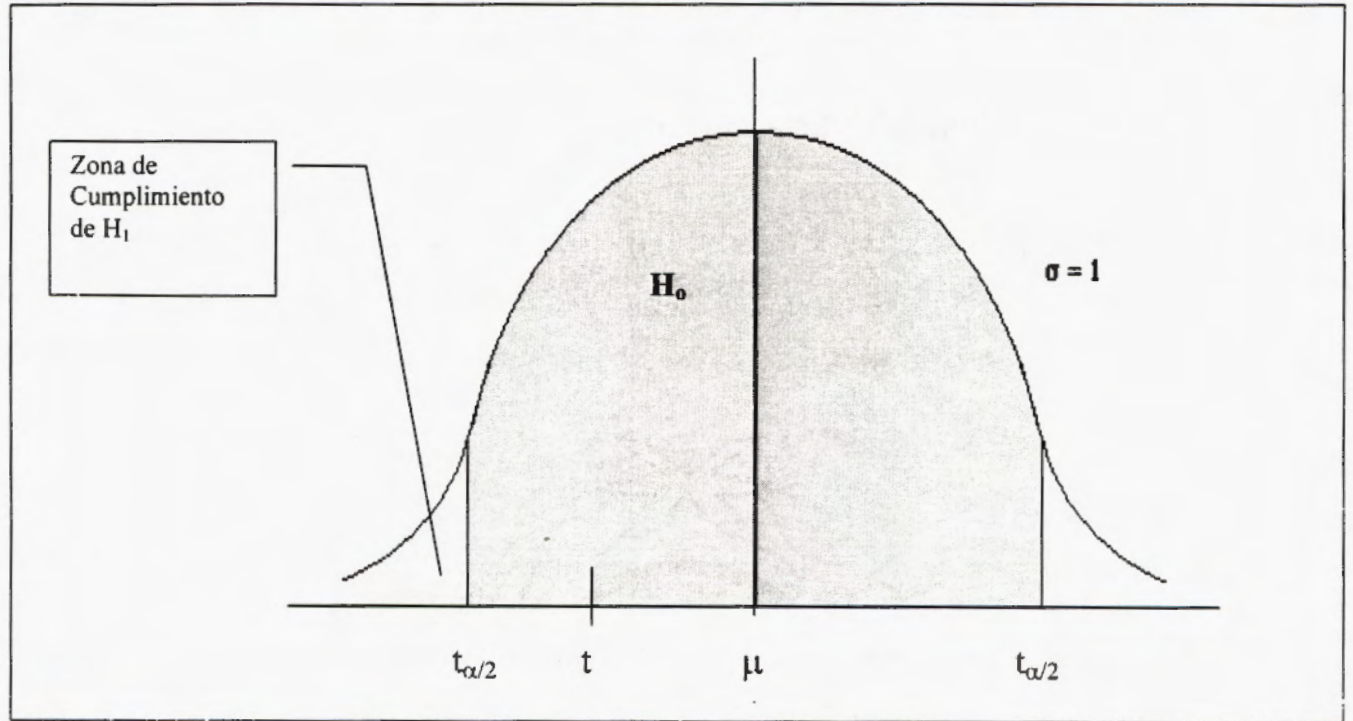
Capítulo 3: Metodología para Control y Pago en Función de la Calidad de la Mezcla Asfáltica

3.1 Requerimientos previos

3.1.1 El diseño de mezcla

- i. El diseño de mezcla es un informe profesional que debe tener el formato de un reporte de esta naturaleza (índice, empastado, páginas numeradas, etc.), debe presentarse suscrito por el profesional responsable de dicho informe, y tiene que cumplir con los requerimientos que para tal propósito establece la Administración.
- ii. Definición de "diseño de mezcla": Consiste en la fórmula de proporcionamiento de los diferentes componentes de la materia prima y los aditivos con que se va a producir la mezcla asfáltica del proyecto.
- iii. Definición de fórmula de trabajo. Una vez que el diseño de mezcla está debidamente aceptado por parte de la Administración, de inmediato, el Contratista debe reproducir esa fórmula en su planta de producción de mezcla, y en el caso de que el proporcionamiento de los materiales especificados en el diseño de mezcla no se alcance a reproducir en la planta, pueden realizarse pequeños ajustes, en cuyo caso, deben producirse distintas tongadas de mezcla con diferentes contenidos de asfalto y nuevamente construir las curvas del diseño, con mezcla de la planta, según el método especificado, para dicho diseño de mezcla. En este caso, necesariamente el porcentaje óptimo ajustado para el asfalto, debe quedar entre dos puntos de contenido de asfalto verificados en la planta, por tanto, no se puede extrapolar el óptimo de asfalto en las curvas de diseño ajustadas en la planta. Este diseño "ajustado" en la planta debe presentarse a consideración de la Administración para su aceptación antes de iniciar la producción.

Comparación de Medias de Poblaciones



Si $t > t_{\alpha/2}$, implica que las muestras corresponden a poblaciones diferentes.

Si $t < t_{\alpha/2}$, implica que las muestras corresponden a la misma población.

2.2.3 Procedimiento de Cálculo

- Se calcula el promedio y la desviación estándar para cada una de las muestras.

Donde:

X_1 : Promedio de Muestra 1

S_1 : Desviación Estándar de la Muestra 1

N_1 : Número de Datos Muestra 1

El cartel de licitación puede establecer la lista mínima de ensayos de control a realizar por el Contratista, así como la frecuencia mínima de éstos, no obstante, si la Administración exige un mínimo de ensayos de control, siendo que la calidad y la uniformidad del proceso constructivo son responsabilidad única del Contratista, será éste quien decida en última instancia el número y tipo de ensayos que se requiere adicionar a los mínimos que defina la Administración, según las características propias de cada proyecto o del propio proceso constructivo que de forma específica requiere cada proyecto en particular.

c) Parámetros para pago

En cada ítem se definirán los parámetros con que se medirá el nivel de cumplimiento del trabajo realizado durante un período de estimación de obra para el pago. En virtud de que el Contratista debe ejecutar la obra siguiendo procesos uniformemente controlados, estos ensayos se realizarán tomando muestras distribuidas a criterio de la Administración, sobre el lote de producción de dicho período de estimación y sus resultados se contrastarán con las especificaciones del contrato, siguiendo la metodología para pago de obra, que adelante se detalla.

Adicionalmente, según se indicó, la Administración tiene la potestad de verificar, utilizando el procedimiento que estime conveniente y en el momento que lo estime oportuno, los parámetros de aceptación y control de cualquier proceso de producción.

Además del cumplimiento permanente de todos los parámetros de aceptación, para ejecutar un trabajo se debe cumplir conjuntamente con todos los requisitos y condiciones que establece el cartel y la buena práctica de la ingeniería, por ejemplo:

- Metodología para la ejecución de los trabajos
- Condiciones de seguridad y de control de tránsito

2.3.2 Formulación de Hipótesis

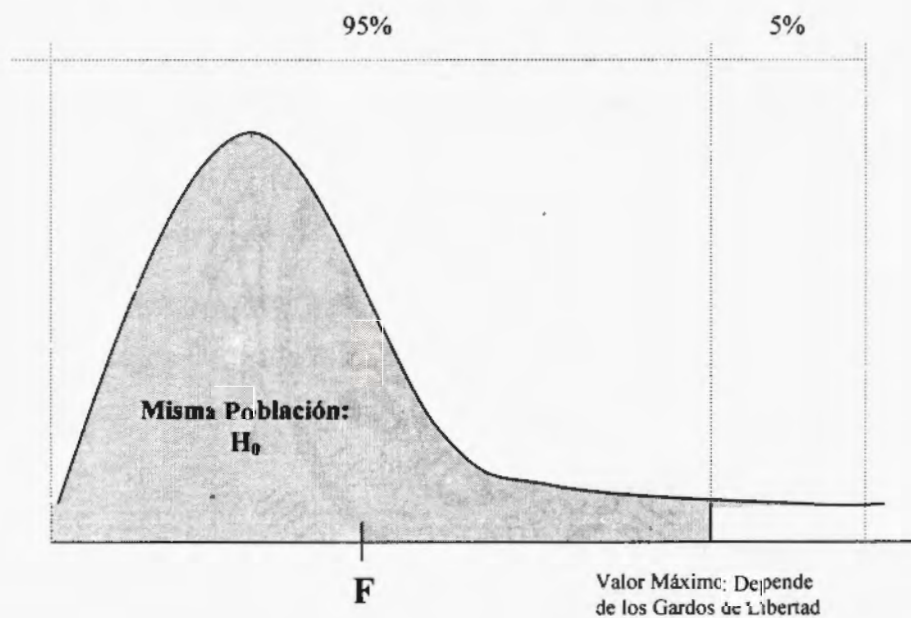
$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_i$$

Las muestras pertenecen a la misma población

$$H_0: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_i$$

No hay suficiente evidencia para demostrar que las Muestras pertenecen a la misma población (Las poblaciones son diferentes)

Gráficamente lo anterior puede explicarse de la siguiente manera:



Si $F > \text{Valor Máximo}$, implica que las muestras corresponden a poblaciones diferentes.

Si $F < \text{Valor Máximo}$, implica que las muestras corresponden a la misma población.

correrán por cuenta del Contratista. En el cartel se indicará el procedimiento a seguir para ejecutar esta disposición.

- xv. Para la aplicación de esta metodología de pago en función de la calidad, se establecen tres tipos de parámetros de calidad:
- Parámetros de aceptación
 - Parámetros de control
 - Parámetros para pago

a) Parámetros de aceptación

Estos parámetros corresponden a todas aquellas exigencias del cartel respecto a la calidad que debe cumplir la materia prima, tanto de forma individual como posterior a los procesos a que sea sometida; previo a su aceptación para la colocación en la obra y durante el proceso constructivo.

Es responsabilidad del contratista garantizar que todos estos parámetros se cumplan a satisfacción durante todo el proceso constructivo, por tanto no se puede iniciar una obra si no se cumple con todos estos requerimientos de aceptación.

Una vez que el Contratista inicia el proceso de producción debe continuar realizando los ensayos de aceptación, por tanto este conjunto de pruebas se sumarán a los ensayos de control durante el proceso constructivo.

Si en algún momento, durante el proceso constructivo se incumple con alguno de estos requerimientos de calidad (parámetros de aceptación), el trabajo que se ejecuta se suspende de inmediato, y la Administración analizará retroactivamente el incumplimiento detectado, para definir respecto a la cantidad de obra ejecutada bajo incumplimiento de los parámetros de aceptación, y de este modo determina la cantidad de trabajo a rechazar. Este análisis se hará siguiendo los lineamientos del punto (x) de este mismo capítulo.

donde

σ^2 = Segunda estimación de la variancia dentro de la población, basada en la variación dentro de las muestras.

n_j = Tamaño de la j-ésima muestra

s_j^2 = Variancia muestraj de la j-ésima muestra k = Número de muestras

n_T = Tamaño total de la muestra.

2.3.6 La Prueba de Hipótesis F

El paso que sigue en el análisis de variancia compara las estimaciones de la variancia de la población determinando su razón, denominada F, como sigue:

$$F = \frac{\text{Variancia entre Medias Muestrales}}{\text{Variancia dentro de las Muestras}}$$

Si el **numerador** α **denominador**, implica que hay más posibilidades de aceptar la hipótesis nula.

Si el **numerador** \gg **denominador**, implica que hay más posibilidades de aceptar la hipótesis alternativa.

2.3.6 La Distribución F y el Uso de la Tabla F

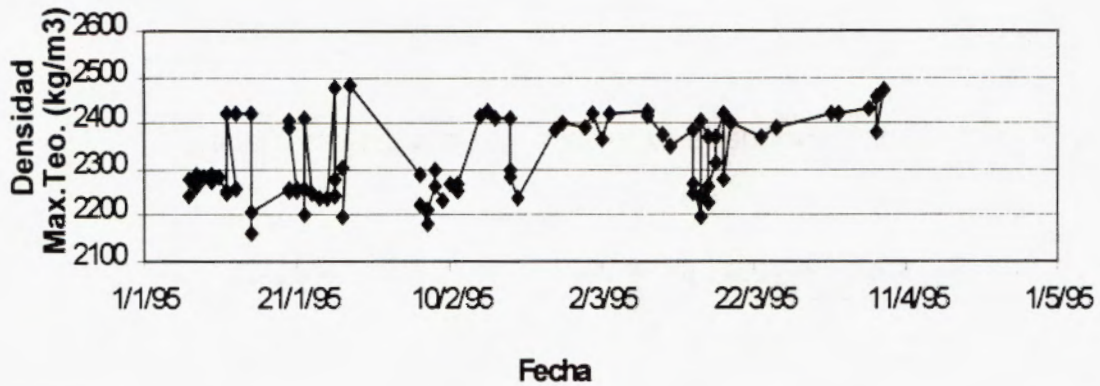
El uso de la tabla F, genera el **valor máximo** requerido para aceptar la hipótesis nula, como se indica en la figura 2.

La tabla F, está identificada por un par de grados de libertad; el primer número se refiere al número de *grados de libertad del numerador* de la razón F, y el segundo denota los *grados de libertad del denominador*.

el monto a pagar o en su defecto, el rechazo del trabajo realizado en el periodo.

- vii. La Administración definirá los requerimientos mínimos que debe cumplir el laboratorio del Contratista (instalaciones, equipo, aspectos operativos y de recurso humano), para ser aceptado como laboratorio para el control de calidad en proyectos de carreteras.
- viii. La Administración tiene la potestad de auditar los laboratorios de Contratista en el momento que lo estime oportuno, y evaluar sus procedimientos de ensayo así como los equipos que utiliza para llevar a cabo dichos ensayos.
- ix. Para el trámite de cada estimación de obra para pago, el Contratista debe presentar un informe de laboratorio, debidamente suscrito por el profesional responsable de la calidad, según el contrato, que demuestre el fiel cumplimiento de todos los parámetros de aceptación y de control que especifique el cartel, con estricto apego a las frecuencias y normas de ensayo que se indiquen, de tal forma que demuestre que los materiales y procesos que utilizó para realizar el trabajo que está sometiendo al trámite de estimación para pago de obra, cumplen en su totalidad con los parámetros de aceptación y calidad que establece el cartel. Además, dicho informe debe contener la información que demuestre fehacientemente, según corresponda, que los trabajos ejecutados cumplen con todos los requerimientos geométricos (ancho, espesor, peraltes, sobre-anchos, deformaciones superficiales, alineamientos, geometría del prisma, inclinación de taludes, etc)
- x. La Administración se reserva el derecho a realizar ensayos de verificación, cuando lo estime conveniente, y en caso de detectarse algún incumplimiento se detiene de inmediato el proceso constructivo por incumplimiento de uno o más parámetros de aceptación o calidad especificados en el cartel y se procederá de la siguiente forma:
 - El Contratista debe corregir el incumplimiento detectado, previo a reiniciar los trabajos.

**Gráfico de Seguimiento Histórico para la Densidad Máxima Teórica,
PLANTA ACOSOL
Resultados Laboratorio del MOPT,
Proyecto Barranca-Arizona**



Al introducir los valores de la base de datos en el programa de análisis estadístico Spec, se determinan tres tramos homogéneos en la producción anterior.

Los tramos homogéneos corresponden a poblaciones estadísticamente diferentes, por lo tanto, implican variaciones sustanciales en las características del pavimento que se va a colocar. Los tramos mencionados son:

Fecha		No. Datos	Máxima Teórica Media	Desviación Estándar	Máxima Teo. Diseño
de	a				
7/1/95	11/2/95	47	2281.9	74.8	NI
14/2/95	8/3/95	14	2378.3	61.2	NI
8/3/95	8/4/95	25	2354.8	77.7	NI

Con la distribución ANOVA se calculará el valor del estadístico F para todos los datos y se comprobará si realmente son poblaciones independientes.

- ii. Debe quedar claramente establecido en los documentos contractuales, que el Contratista es el único responsable de la calidad con que se ejecuta cada ítem de la obra, por lo tanto, debe diseñar y ejecutar el sistema de control de calidad necesario para garantizar la uniformidad y los estándares de calidad que exigen los términos contractuales.
- iii. Es responsabilidad de la Administración establecer los mecanismos de verificación que garanticen que la obra ejecutada es conforme en calidad, impacto ambiental, seguridad, precio y plazo con las condiciones pactadas en el contrato.

Desde el punto de vista del control de calidad el Contratista debe indicar en la oferta técnica, de forma específica, el esquema organizativo del sistema de calidad para la ejecución del proyecto, en donde debe indicar claramente, las funciones, responsabilidades y atribuciones de los funcionarios asignados al control de calidad, con indicación clara del profesional responsable de la calidad.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ASTM. American Society of Testing Materials.
Hot Mix Asphalt Construction.
Certification and Accreditation Programs.
Scott S. and James S.M. Editors 1999
- 2.- Ministerio de Obras Públicas y Transportes de Costa Rica.
Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Carreteras y Puentes. C.R -. 77
San José, Costa Rica, 1978.
- 3.- Ministerio de Obras Públicas de Chile.
Especificaciones Técnicas Generales.
Manual de Carreteras. Volumen 5.
Santiago, Chile, 1997.
- 4.- Florida Department of Transportation.
Standar Specifications for Road and Bridge Construction, 1999
Florida 1999.
- 5.- State of California.
Department of Transportation.
Standar Specifications, 1995.
Caltrans 1995.
- 6.- Commonwealth of Puerto Rico.
Department of Transportation and Public Works.
Highway Authority. 1989.
- 7.- North Carolina Department of Transportation.
Standar Specifications for Roads and Structure
Raleigh, 1995.
- 8.- Ministry of Transportation and Highways.
Standar Specifications for Highway Construction.
British Columbia
Canadá 1999.
- 9.- Eight International Symposium on Concrete Roads.
Quality Assurance and Specifications.
Portugal, 1998.

Capítulo 1: Fundamentos del Modelo

Los procesos constructivos en carreteras, deben cumplir con parámetros de calidad previamente definidos en los términos contractuales, esto por cuanto el precio de un ítem tiene implícito el nivel de calidad pactado en el contrato, mismo que se alcanzará con mayor o menor éxito, según sea el control de calidad con que el Contratista ejecuta el proceso constructivo. Es obvio que el precio de un bien depende de la calidad de éste.

Por lo indicado anteriormente se deduce lo siguiente:

- i. El precio de un ítem varía en función de su nivel de calidad, y ese nivel de calidad está supeditado a la metodología con que se ejecute y controle el proceso.
- ii. Técnicamente, se pueden aceptar lotes de producción de un ítem de obra que no cumplan rigurosamente con el nivel de calidad pactado en el contrato, siempre y cuando se cumpla con las siguientes premisas:
 - Aunque el nivel de calidad del ítem es inferior a lo pactado, el impacto que tal deficiencia ocasiona en el desempeño y en la pérdida de durabilidad de la obra es técnicamente aceptable.
 - Se acepta un lote de un ítem de pago con calidad inferior a lo pactado, pero a precio reducido, pues según se señaló anteriormente, tal condición no concuerda con el nivel de calidad pactado en el contrato.
 - Existe un límite máximo aceptable de pérdida en el nivel de la calidad, a partir del cual, desde el punto de vista técnico, el trabajo ejecutado es inaceptable (se rechaza), y por lo tanto, el Contratista debe nuevamente realizar el trabajo que fue rechazado, por su cuenta y riesgo, y sin adiciones de plazo por este concepto. Este trabajo será nuevamente sometido a evaluación del nivel de calidad, para definir respecto a su aceptación y pago.

- 20.- Thenoux Z., Guillermo
Calidad Total en Obras Viales. Apuntes del Curso.
Pontificia Universidad Católica de Chile, 1999
- 21.- David V. Huntsberger, P. Billingsley
Elements of Statistical Inference. Fourth Edition
Allyn and Baron Inc., Boston 1977
- 22.- Albert H. Bowker, G.J. Lieberman
Estadística para Ingenieros
Prentice Hall, 1972.
- 23.- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. PG-3
Ministerio de Fomento
España 2000
- 24.- Quality Managent of Hot Mix Asphalt,
American Standart of Testing and Materials, SPT 1299
Decker, Dale, 1996
- 25.- Standar Specification for Road and Bridge Construction,
Department of transportation, New Jersey, 1989
- 26.- Standar Specifcations for Road and Bridge Construction,
Department of Transportation, State of Georgia,
Georgia, 1991

Indice

No.	Título	Página
1	Fundamentos del modelo	1
2	Lineamientos generales	4
3	Metodología para control y pago en función de la calidad de mezcla asfáltica	11
4	Metodología para control y pago en función de la calidad de los tratamientos superficiales	46
5	Metodología para control y pago en función de la calidad de la base granular	54
6	Metodología para control y pago en función de la calidad de la sub-base granular	71
7	Metodología para control y pago en función de la base estabilizada con cemento	87
8	Metodología para control y pago en función de la calidad de las losas de concreto	102
9	Metodología para control y pago en función de la calidad de las excavaciones y terraplenado	122



2000