



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTROL DE CALIDAD DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AVENIDA  
LUIS ÁNGEL LEÓN ROMÁN DE LA CIUDAD DE MACHALA.

AGUILAR APOLO OSCAR FABIAN  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CONTROL DE CALIDAD DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA  
AVENIDA LUIS ÁNGEL LEÓN ROMÁN DE LA CIUDAD DE  
MACHALA.

AGUILAR APOLO OSCAR FABIAN  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2021



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

CONTROL DE CALIDAD DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AVENIDA LUIS ÁNGEL  
LEÓN ROMÁN DE LA CIUDAD DE MACHALA.

AGUILAR APOLO OSCAR FABIAN  
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 23 DE SEPTIEMBRE DE 2021

MACHALA  
23 de septiembre de 2021

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONTROL DE CALIDAD

*por Oscar Aguilar Apolo*

---

**Fecha de entrega:** 26-ago-2021 12:33p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1636366364

**Nombre del archivo:** R\_APOLO\_OSCAR\_DISE\_O\_DE\_PAVIMENTO\_RIGIDO\_CONTROL\_DE\_CALIDAD.docx  
(51.86K)

**Total de palabras:** 3334

**Total de caracteres:** 17024

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONTROL DE CALIDAD

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1

[manualzz.com](http://manualzz.com)

Fuente de Internet

4%

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 150 words

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, AGUILAR APOLO OSCAR FABIAN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Control de calidad de pavimento rígido en la Avenida Luis Ángel León Román de la ciudad de Machala., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 23 de septiembre de 2021



AGUILAR APOLO OSCAR FABIAN  
0704915057

## DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico con todo mi amor y cariño a mis padres, Miguel e Hilda, por su sacrificio y esfuerzo, para poder terminar mi formación como profesional, por haberme educado como la persona que soy. A mi amada hija Karol por ser mi fuente de motivación e inspiración para querer superarme todos los días y apuntar a un futuro mejor. A mis hermanos, quienes me han apoyado moral y económicamente para poder salir adelante con mi carrera universitaria. A mis compañeros y amigos, que compartieron sus conocimientos conmigo de manera desinteresada. A todos los docentes de la carrera que tuve la oportunidad de toparme en mi camino de formación profesional.

También a mi tutor Ing. Jorge Paul Cabrera Gordillo, por sus enseñanzas impartidas en cada una de las cátedras recibidas en las aulas de clases, que han sido las bases fundamentales para lograr concluir este trabajo de titulación.

Oscar Fabian Aguilar Apolo

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, un agradecimiento infinito a mi familia quienes me han apoyado desde el principio que inicie con este proyecto de obtener mi profesión como ingeniero civil, ya que sin el apoyo de ellos no lograría cumplir mi meta.

Gracias a mi Universidad Técnica de Machala, quien me abrió sus puertas para poder formarme en la profesión de mis sueños y a todas las personas que la conforman, de manera especial a sus docentes, quienes me compartieron sus conocimientos académicos, experiencias, además de sus consejos para mi futura vida profesional.

Oscar Fabian Aguilar Apolo

## RESUMEN

El control de la calidad en la ejecución de un proyecto constructivo es de suma importancia, ya que mediante éste se asegura la correcta realización de los diversos procesos llevados a cabo y se garantiza que lo producido en la obra cumpla con las correspondientes normativas y los objetivos planteados del proyecto, para su correcta puesta en funcionamiento.

El presente trabajo está enfocado en realizar un control de calidad del pavimento rígido, que se está colocando en el proyecto "*Regeneración Urbana de la Avenida Luis Ángel León Román, desde la Avenida Doctor José Arizaga Vega hasta la Avenida Alejandro Castro Benítez, de la ciudad de Machala*", en este trabajo se realizaron los ensayos a los agregados finos, gruesos y al cemento, además se tomaron probetas cilíndricas de hormigón para ser ensayadas a los 7, 14 y 28 días y con ello verificar que se esté cumpliendo con las especificaciones técnicas consideradas en esta obra.

**PALABRAS CLAVES:** Control de calidad, pavimento rígido, agregados, cemento, probetas cilíndricas de hormigón.

## ABSTRACT

The quality control in the execution of a construction project is of utmost importance, since through it the correct realization of the various processes carried out is ensured and it is guaranteed that what is produced in the work complies with the corresponding regulations and the objectives set of the project, for its correct implementation.

The present work is focused on carrying out a quality control of the rigid pavement, which is being placed in the project "Urban Regeneration of Avenida Luis Ángel León Román, from Avenida Doctor José Arizaga Vega to Avenida Alejandro Castro Benítez, in the city of Machala", in this work the tests were carried out to the fine aggregates , thick and cement, in addition cylindrical concrete specimens were taken to be tested at 7, 14 and 28 days and thus verify that it is complying with the technical specifications considered in this work.

**KEYWORDS:** Quality control, rigid pavement, aggregates, cement, cylindrical concrete specimens.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	9
ÍNDICE DE ANEXOS.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
<b>1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>13</b>
2. DESARROLLO.....	14
2.1 MARCO TEÓRICO.....	14
<b>2.1.1 CONTROL DE CALIDAD.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2 PAVIMENTO RÍGIDO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.3 HORMIGÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.4 CEMENTO PORTLAND.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.5 AGREGADO GRUESO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.6 AGREGADO FINO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.7 AGUA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1.8 ADITIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1.8.1 Plastificante.....	16
2.1.8.2 Retardante.....	16
2.1.8.3 Curinsol.....	16
2.2 CONTEXTUALIZACIÓN.....	16
<b>2.2.1 DATOS INFORMATIVOS DE LA OBRA.....</b>	<b>16</b>

2.2.2	LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.....	18
2.3	ENSAYOS.....	18
2.3.1	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	18
2.3.2	DENSIDADES.....	21
2.3.3	PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO.....	22
2.3.4	PESO VOLUMÉTRICO SUELTO.....	22
2.3.5	ABRASIÓN.....	23
2.3.6	DENSIDAD DEL CEMENTO.....	24
2.3.7	CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO.....	24
2.3.8	FLUIDEZ DEL CEMENTO.....	25
2.3.9	ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN.....	26
2.3.10	ELABORACIÓN EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO.....	26
2.3.11	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	26
3.	CONCLUSIONES.....	28
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	29
5.	ANEXOS.....	33

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Localización de la obra en ejecución.....	18
<b>Gráfico 2</b>	Granulometría de agregado grueso (grava).....	19
<b>Gráfico 3</b>	Curva granulométrica agregado grueso (grava). ....	20
<b>Gráfico 4</b>	Granulometría de agregado fino (arena). ....	20
<b>Gráfico 5</b>	Curva granulométrica agregado fino (arena). ....	21
<b>Gráfico 6</b>	Densidad del agregado grueso.....	21
<b>Gráfico 7</b>	Densidad del agregado fino.....	22
<b>Gráfico 8</b>	Peso volumétrico varillado del agregado grueso. ....	22
<b>Gráfico 9</b>	Peso volumétrico suelto del agregado grueso. ....	23
<b>Gráfico 10</b>	Peso volumétrico suelto del agregado fino. ....	23
<b>Gráfico 11</b>	Abrasión del agregado grueso. ....	24
<b>Gráfico 12</b>	Densidad del cemento Guapan Tipo HE.....	24
<b>Gráfico 13</b>	Consistencia normal del cemento Guapan Tipo HE. ....	25

<b>Gráfico 14</b> Fluidez del cemento Guapan Tipo HE. ....	25
<b>Gráfico 15</b> Resistencia a la compresión del hormigón. ....	27

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Medición de dimensiones de paños de pavimento rígido, en la vía Pajonal. ....	33
<b>Anexo 2</b> Pruebas de asentamiento del hormigón. ....	34
<b>Anexo 3</b> Toma de muestras cilíndricas de hormigón. ....	35
<b>Anexo 4</b> Colocación de parrillas de acero para control de fisuras en las esquinas del paño. ....	36
<b>Anexo 5</b> Colocación de Aditec Curinsol. ....	37
<b>Anexo 6</b> Colocación de especímenes de hormigón en la piscina de curado. ....	37
<b>Anexo 7</b> Toma de agregados de la Planta de Hormigón de EMVIAL. ....	38
<b>Anexo 8</b> Turbiedad de la arena. ....	38
<b>Anexo 9</b> Cuarteo de grava para ensayo de granulometría. ....	39
<b>Anexo 10</b> Ensayo de granulometría de la arena. ....	40
<b>Anexo 11</b> Ensayo densidad específica de la grava. ....	41
<b>Anexo 12</b> Ensayo de Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico Varillado de la grava. ....	42
<b>Anexo 13</b> Ensayo de Peso Volumétrico Suelto de la arena. ....	43
<b>Anexo 14</b> Ensayo de abrasión de la grava. ....	44
<b>Anexo 15</b> Ensayo densidad del cemento Guapan HE. ....	45
<b>Anexo 16</b> Ensayo de consistencia del cemento Guapan HE. ....	46
<b>Anexo 17</b> Ensayo de fluidez del cemento Guapan HE. ....	47
<b>Anexo 18</b> Carga soportada por los cilindros de hormigón a los 7 días. ....	48
<b>Anexo 19</b> Carga soportada por los cilindros de hormigón a los 14 días. ....	49
<b>Anexo 20</b> Carga soportada por los cilindros de hormigón a los 28 días. ....	50
<b>Anexo 21</b> Rotura por compresión de especímenes cilíndricos de hormigón. ....	51

## 1. INTRODUCCIÓN

Antiguamente en la construcción, el técnico a pie de obra era el único responsable del control de calidad del proyecto, quien empleaba su experiencia y una vigilancia precisa. Actualmente con el perfeccionamiento que han alcanzado las normas internacionales para estas actividades en ámbitos técnicos, el sector constructivo las ha asimilado y adecuado a su contexto, para el aseguramiento de la calidad en la construcción. Se entiende por control de calidad a una serie de actividades y decisiones que se toman, para el cumplimiento de las especificaciones, o para verificar que estas han sido cumplidas.

El logro de la calidad demanda el ejercicio de una extensa diversidad de actividades detalladas o trabajos de calidad. El control de la calidad de los materiales empleados en la conformación del pavimento rígido, incluye entre sus actividades el muestreo y análisis de las propiedades de los lotes de agregados y el cemento, además de realizar los ensayos de laboratorio requeridos. La elección correcta de los materiales, el acatamiento de las especificaciones constructivas, la eficiencia de la ejecución y el control son sin duda fundamentales para garantizar la seguridad y puesta en funcionamiento de las obras de hormigón y su correcto comportamiento estructural.

Este trabajo tiene como objetivos el de demostrar la importancia de realizar un adecuado control de calidad en la construcción de carreteras, específicamente en las realizadas con pavimento rígido. Para lo cual se debe evidenciar si los materiales cumplen o no con las normas de calidad establecidas en los códigos nacionales y las especificaciones establecidas en el proyecto a ejecutar, así como el rigor en su tecnología es el propósito fundamental del control de calidad en la ejecución de estructuras de hormigón armado. En todo caso lo primordial de este trabajo es verificar, el principio de que el hormigón debe cumplir con la resistencia a la compresión para la cual ha sido diseñado. [1] [2]

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Cuando se realiza el diseño de un pavimento rígido, se lo proyecta con la finalidad de que sea capaz de resistir los esfuerzos debido a las cargas transmitidas por la circulación de los diversos tipos de vehículos y que perdure con el pasar del tiempo, pero uno de los principales problemas que se aprecian en la mayoría de las vías existentes en el país, de esta clase de pavimento, que es la menos usual, es el escaso o inadecuado mantenimiento que se le proporcionan a estas vías, por lo que se deterioran y no tienen la duración deseada para la cual fueron diseñadas, es decir no cumplen con el periodo de diseño.

Otro problema que se lo considera de relevancia, en el deterioro de la losa de rodadura de un pavimento rígido, son los agregados pétreos (grava y arena), cuando los agregados no cumplen con las normas o especificaciones técnicas, es decir son agregados de baja calidad, los cuales influyen directamente en la resistencia de la misma, provocando su temprano deterioro, por lo cual la elección de los agregados debe ser la apropiada y provenir de una cantera dónde se cumplan con las características físicas ideales, para que al momento de realizar el diseño del hormigón, se obtenga la mezcla que cumpla con las propiedades que requiere un pavimento rígido. [3]

Al momento de realizar un efectivo control y verificación de la calidad de los materiales empleados para la construcción o regeneración de las vías, se tendrá una mayor durabilidad y un mejor servicio de la misma, lo que obtiene beneficios en términos económicos, tanto para los usuarios, así como en los gastos de mantenimiento de las mismas.

Este trabajo va orientado a realizar un control de calidad del pavimento rígido, que se está colocando en la Avenida Luis Ángel León Román (Vía Pajonal) de la ciudad de Machala, y con ello verificar que se esté cumpliendo con las especificaciones técnicas consideradas en esta obra y con las normas respectivas para cada uno de los materiales que conforman el hormigón.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un control de la calidad del pavimento rígido colocado en la Avenida Luis Angel León Román en la ciudad de Machala, mediante la realización de ensayos de los agregados y del hormigón, para verificar que se esté cumpliendo con las especificaciones técnicas.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Tomar muestras de especímenes del hormigón colocado en el pavimento rígido en la vía Pajonal.
- Ensayar los especímenes de hormigón a los 7, 14 y 28 días, con la máquina de compresión simple, para comprobar si cumple con la resistencia de diseño.
- Realizar ensayos a los agregados del hormigón, para determinar si cumplen con las normas.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1 MARCO TEÓRICO**

En esta sección se abordan los diversos conceptos y terminologías necesarios en el análisis de la presente temática, con el fin de dar a conocer el correcto proceso de llevar a cabo un control de la calidad del pavimento rígido, mediante la argumentación de artículos relacionados al tema en mención, en la cátedra de comportamiento de materiales.

#### **2.1.1 CONTROL DE CALIDAD**

Es un conjunto de actividades de supervisión técnica, que se realizan para conseguir un determinado fin y cuyo objetivo principal es medir y comprobar que las características del elemento inspeccionado concuerden con los requisitos preestablecidos por la normativa, que son indispensables para producir con una calidad determinada; además dichas actividades permiten establecer los criterios de aceptación o rechazo para materiales, procesos y resultados. [4]

#### **2.1.2 PAVIMENTO RÍGIDO**

Es básicamente una estructura compuesta por una losa de concreto simple o armado la cual va apoyada sobre una base o sub-base y ésta sobre la subrasante, la losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe la mayor parte de los esfuerzos que se producen debido al tráfico de los vehículos, lo que produce una distribución uniforme de las cargas, hasta las capas inferiores, obteniendo como resultado tensiones mínimas sobre la subrasante. [5]

#### **2.1.3 HORMIGÓN**

Es una especie de piedra artificial que posee una alta resistencia a los esfuerzos de compresión, pero baja resistencia a la tracción, este tipo de piedra se obtiene de la mezcla en determinadas proporciones de pasta (agua y cemento), agregados minerales (arena y grava) y en algunas ocasiones aditivos, la cual, a los 28 días adquiere la resistencia de diseño. [6]

El hormigón es un material que se utiliza con mucha frecuencia en todo el mundo para la construcción de edificios, vías, hidroeléctricas y una infinidad de obras, su calidad es un componente muy importante que depende de ciertas variables, y requiere de numerosos controles y ensayos para asegurarlo. Deriva sus propiedades de los agregados y las cantidades de los mismos que lleva por componentes, como agregado fino y grueso, agua, cemento y en algunas ocasiones aditivos, que determinan directamente las propiedades de la mezcla y afectan no solo la apariencia del material, así como la trabajabilidad y consistencia a un estado plástico, así como la fuerza,

resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso específico del hormigón posteriormente endurecido. Estos componentes del hormigón son elementos que se pueden variar en proporciones. [7]

#### **2.1.4 CEMENTO PORTLAND**

Es un aglomerante hidráulico, en otras palabras, es un material finamente molido que, al ser mezclado con el agua, forma una pasta, este a su vez al fraguar se endurece y mantiene su resistencia y estabilidad, inclusive bajo el agua. Este proceso se lo conoce con el nombre de hidratación.

Cuando este es mezclado con los agregados finos y gruesos (grava y arena), interviene como un adherente, el cual los une para así poder formar el hormigón, que es el material de construcción más usado y más versátil en el mundo. [8]

El cemento empleado para esta obra es el cemento Guapan Tipo HE (High Early-Strength), alta resistencia inicial, lo que lo hace ideal para fabricar hormigones con mayores resistencias mecánicas, edificar estructuras en sitios de elevado peligro sísmico, como, por ejemplo. centrales hidroeléctricas, pavimentos y otros tipos de obras de infraestructura.

#### **2.1.5 AGREGADO GRUESO**

Es aquel agregado que se retiene en el tamiz N<sup>o</sup>4 o superior, y procede de la separación natural o artificial de las rocas. Este tipo de agregado grueso se clasifica en grava y piedra triturada. La grava es el agregado grueso derivado de la desintegración y desgaste natural de los materiales pétreos. Se lo localiza principalmente en las canteras y los lechos de los ríos acumulado en forma natural. La piedra triturada, o piedra chancada, es el agregado grueso derivado de la trituración artificial de rocas y gravas. [9]

#### **2.1.6 AGREGADO FINO**

Es aquel agregado que sobrepasa el tamiz de 3/8" y se retiene en el tamiz N<sup>o</sup> 200, este agregado proviene de la separación natural o artificial de las rocas. El más conocido de este tipo de agregados finos es la arena, la cual está definida como el resultado de la separación natural de partículas de roca. [9]

#### **2.1.7 AGUA**

Es una sustancia líquida natural, sin color, olor ni sabor, la cual se encuentra en un estado casi puro, sus moléculas están unidas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O), y se constituye en el componente más abundante de la superficie terrestre. [10]

Es bien sabido por las instituciones que ofertan pregrados de ingeniería civil la importancia de la relación agua/cemento en el comportamiento de las mezclas de hormigón. Un alto porcentaje de agua disminuye las características físico-mecánicas, además, la resistencia de las mezclas de concreto se ve afectada. [11]

### **2.1.8 ADITIVOS**

Son sustancias químicas en estado líquido que se incorporan al hormigón en la etapa de mezclado en una proporción menor al 5% del peso del cemento, para modificar algunas de las características de la mezcla, los cuales no deben ser considerados un suplente de un buen diseño de mezcla. [12]

Los aditivos empleados en la ejecución de esta obra son los siguientes:

#### **2.1.8.1 Plastificante**

Es un aditivo líquido que altera la consistencia de una mezcla de hormigón y la hace más trabajable. [13]

#### **2.1.8.2 Retardante**

Es un aditivo líquido que se agrega a la mezcla de hormigón, con la única finalidad de retardar el tiempo de su fraguado. [13]

#### **2.1.8.3 Curinsol**

Es un aditivo líquido, el cual evita la pérdida del porcentaje de agua de amasado del concreto, este se esparce por la superficie del pavimento fresco, formando una capa impermeable delgada de tonalidad blanca a partir de la parafina.

Este tipo de aditivo se utiliza para todo tipo de superficie de concreto fresco donde sea necesario garantizar un curado perfecto del material, como por ejemplo en: pistas de aviación, vías, andenes, y en toda clase de superficie de hormigón o mortero que este expuesto de forma directa a los rayos del sol y al viento principalmente en climas cálidos. [14]

## **2.2 CONTEXTUALIZACIÓN**

En esta sección se pone en contexto la respectiva información sobre el proyecto en ejecución, con el fin de dar a conocer diversos datos relevantes, los cuales han sido tomados de la página del Sistema Oficial de Contratación Pública.

### **2.2.1 DATOS INFORMATIVOS DE LA OBRA**

A continuación, se detallan algunos datos importantes sobre la obra.

Entidad Contratante: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Machala

Objeto de Proceso: Regeneración Urbana de la Avenida Luis Ángel León Román, desde la Avenida Arizaga hasta la Avenida Alejandro Castro Benítez, de la ciudad de Machala.

Código: LICO-GADMM-OP05-019

Presupuesto Referencial Total (Sin IVA): \$ 4,464,259.10

Presupuesto Referencial Total (Con IVA): \$ 4,999,970.19

Tipo de contratación: Licitación

Forma de Pago: Anticipo del 10%

Plazo de Entrega: 540 días

Fecha Estimada de Adjudicación: 2020-01-03

Fecha de inicio de la obra: 13 de febrero de 2020

Fecha de terminación de la obra: 05 de agosto de 2021. [15]

Es un tramo que comprende aproximadamente 1.540 metros lineales, es una de las principales vías de ingreso y salida de vehículos de la ciudad. El periodo de diseño establecido para esta vía es de 25 años.

La vía será de cuatro carriles, dos carriles de ida y dos de regreso, con parterre central, carpeta de rodadura de hormigón rígido, acera, ciclovía, tres paradas de buses, dos zonas de retorno, mobiliario urbano, iluminación integral LED, cables soterrados, arborización y césped, rampas, franjas podotáctiles en aceras para personas no videntes.

En lo que consiste exclusivamente al hormigón de pavimento se colocarán 5500 m<sup>3</sup> de concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$  a un precio unitario de \$176.40, lo cual da un total de \$ 970.200 dólares americanos. Actualmente la obra se encuentra en proceso de ejecución, la cual lleva un avance del 80%.

La empresa contratista adjudicada para la ejecución de esta obra es: Consorcio Pajonal cuya oferta es de \$3,972,524.20 dólares americanos y con una puntuación de 99.64 puntos.

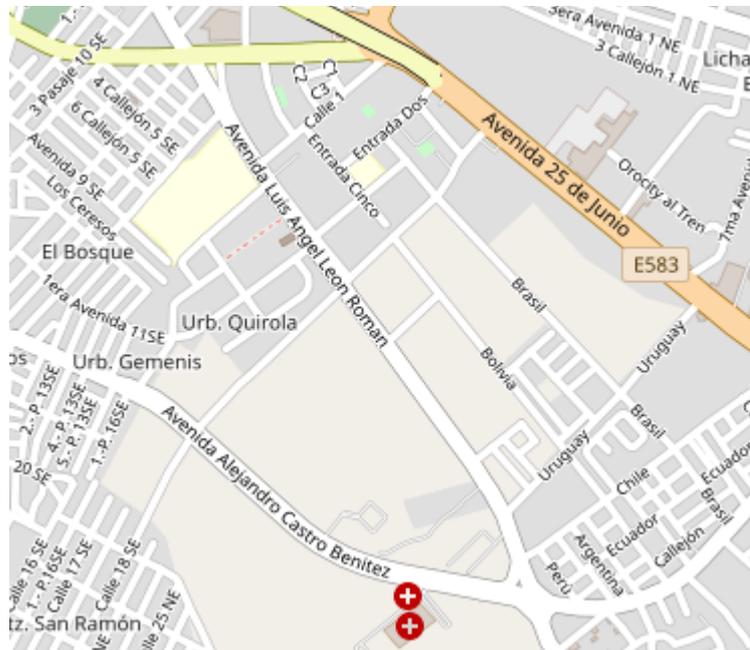
Además, se debe mencionar que la empresa encargada de la dotación del hormigón para pavimento rígido, es la EMPRESA PÚBLICA VIAL DEL GOBIERNO PROVINCIAL AUTÓNOMO DE EL ORO EMVIAL EP.

Los agregados que se utilizan para la elaboración del hormigón, provienen del Río Jubones, específicamente de la cantera del señor Gustavo Bustamante, el cemento empleado en la mezcla es Guapan Tipo HE.

## 2.2.2 LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.

El tramo de la Avenida Luis Ángel León Román también conocida como vía Pajonal, donde se está realizando la colocación del pavimento rígido, se encuentra entre las Avenidas Doctor José Arizaga Vega y Alejandro Castro Benítez, la cual está ubicada al Sur Este de Machala es una de las salidas e ingresos principales de la zona urbana de la ciudad. Se desarrolla en sentido Nor-Oeste. Este tramo de vía pertenece a la parroquia urbana La Providencia, de la ciudad de Machala, Provincia de El Oro.

**Gráfico 1** Localización de la obra en ejecución.



**Fuente:** Imagen tomada de Google.

## 2.3 ENSAYOS

Para realizar un correcto diseño de hormigón, es necesario conocer las propiedades físicas de los diferentes materiales con los que se prepara la mezcla, ya que de estos depende directamente la resistencia y características del concreto. A continuación, se detallan cada uno de los respectivos ensayos realizados.

### 2.3.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Es la clasificación o distribución del tamaño de las partículas de un mismo agregado, mediante el cual se separa las partículas de un agregado según tamaños, dicho análisis se establece, mediante el paso de una cantidad de muestra representativa del agregado

por una sucesión de tamices, estas aberturas deben ser ordenadas de mayor a menor. El tamiz es una malla de abertura cuadrada debidamente normado, conforme a las especificaciones técnicas mostradas en la *tabla 1*, además es necesario destacar, que la gradación genera un ajuste de las partículas e incrementa el nivel de resistencia a la flexión y compresión. [16]

**Tabla 1** Tamaños y designación de tamices ASTM.

Posición	Abertura (pulg.)	Abertura (mm)	Designación tamiz	Módulo de finura
0	3/1024	0,0744 ~ 0,075	# 200	0
1	3/512	0,149 ~ 0,150	# 100	1
2	3/256	0,298 ~ 0,300	# 50	2
3	3/128	0,595 ~ 0,600	# 30	3
4	3/64	0,196 ~ 1,20	# 16	4
5	3/32	2,381 ~ 2,40	# 8	5
6	3/16	4,762 ~ 4,80	# 4	6
7	3/8	9,52 ~ 9,5	3/8"	7
8	¾	19,05 ~ 19	3/4"	8
9	3/2	38,1 ~ 38	1.5"	9
10	3	76,2 ~ 76	3"	10

Fuente: [16]

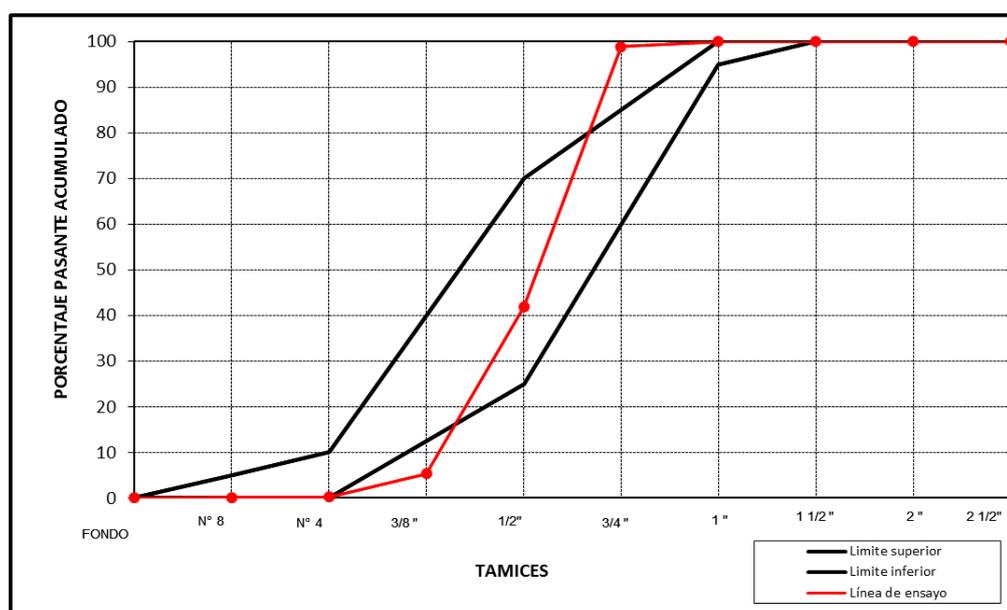
A continuación, se detallan los resultados de las granulometrías y curvas granulométricas de los agregados grueso y finos.

**Gráfico 2** Granulometría de agregado grueso (grava).

TAMIZ	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES NORMA A.S.T.M.			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2 "	1 1/2 "	1"	3/4 "
2 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	100			
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100	100		
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00		95 - 100	100	
1 "	0.00	0.00	0.00	100.00	35 - 70		95 - 100	
3/4 "	79.00	79.00	1.16	98.84		35 - 70		90 - 100
1/2 "	3876.00	3955.00	58.18	41.82	10 - 30		25 - 60	
3/8 "	2477.00	6432.00	94.62	5.38		10 - 30		20 - 55
Nº 4	350.00	6782.00	99.77	0.23	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
Nº 8	4.21	6786.21	99.83	0.17			0 - 5	0 - 5
FONDO	11.46	6797.67	100.00	0.00				
TOTAL	6797.67							

Fuente: El Autor.

**Gráfico 3** Curva granulométrica agregado grueso (grava).



**Gráfico 4** Granulometría de agregado fino (arena).

TAMIZ	Milímetros	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES % QUE PASA
				Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	
3/8"	9.52	3.88	3.88	0.39	99.61	100
N° 4	50	66.43	70.31	7.02	92.98	95 - 100
N° 8	23.6	88.55	158.86	15.86	84.14	80 - 100
N° 16	1.19	103.13	261.99	26.16	73.84	50 - 85
N° 30	600 micron.	238.18	500.17	49.94	50.06	25 - 60
N° 50	300 micron.	348.14	848.31	84.71	15.29	10 - 30
N° 100	150 micron.	120.02	968.33	96.69	3.31	2 - 10
FONDO		33.12	1001.45	100.00	0.00	
TOTAL		1001.45				

Módulo de finura de la arena:

$$MF = \frac{0.39 + 7.02 + 15.86 + 26.16 + 49.94 + 84.71 + 96.69}{100} = 2.81$$

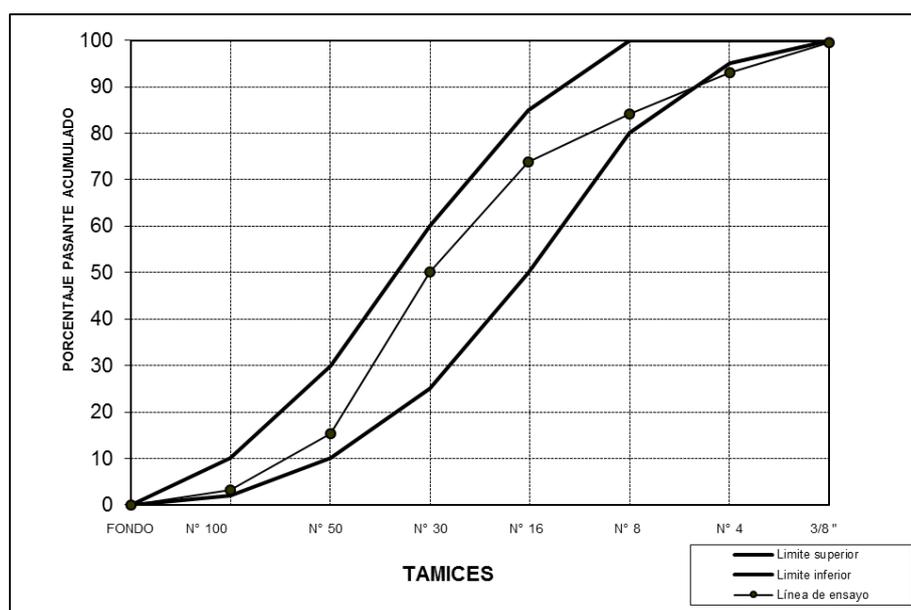
De acuerdo a la *tabla 2*, el módulo de finura recae en el rango de 2.60 – 2.90, por lo tanto, el agregado fino se clasifica como mediano.

**Tabla 2** Clasificación del agregado fino de acuerdo con el valor de módulo de finura.

MODULO DE FINURA	AGREGADO FINO
Menor que 2.00	Muy fino o extra fino
2.00 – 2.30	Fino
2.30 – 2.60	Ligeramente fino
2.60 – 2.90	Mediano
2.90 – 3.20	Ligeramente grueso
3.20 – 3.50	Grueso
Mayor que 3.50	Muy grueso o extra grueso

**Fuente:** Norma ASTM C136 Método de ensayo estándar para Análisis Granulométrico de Agregado Grueso y Agregado Fino.

**Gráfico 5** Curva granulométrica agregado fino (arena).



### 2.3.2 DENSIDADES

Una de las principales propiedades físicas de los agregados (gruesos y finos), que depende claramente de las propiedades de la roca madre de donde proceden, es la densidad, que está definida como la relación existente entre el peso y el volumen de una masa determinada. [17]

**Gráfico 6** Densidad del agregado grueso.

<b>DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO GRUESOS</b>		
<b>MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 1/2" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"</b>		
<b>MUESTRA N°</b>		<b>1</b>
Peso del recipiente ( g )	P1	794.40
Rec + agregado sss ( g )	P2	3810.00
Rec + agregado seco ( g )	P3	3776.20
Peso de la canastilla sumergida ( g )	P4	1027.50
Peso de la canast.+agreg. sumergido ( g )	P5	2932.40
Peso del agregado sss ( g )	A = P2 - P1	3015.60
Peso del agregado sumergido ( g )	B = P5 - P4	1904.90
Volumen del agregado ( cm3 )	C = A - B	1110.70
Peso del agregado seco ( g )	D = P3 - P1	2981.80
Densidad del agregado SSS ( g/cm3 )	D <sub>sss</sub> = A / C	2.72
Densidad del agregado Seco ( g/cm3 )	D <sub>masa</sub> = D / C	2.68
Densidad del agregado APARENTE ( g/cm3 )	D <sub>ap</sub> = D / ( D - B )	2.77
Porcentaje de Absorción %	Abs % = (( A - D ) / D ) * 100	1.13

**Gráfico 7** Densidad del agregado fino.

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO FINOS		
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200		
MUESTRA N°		1
Peso del recipiente ( g )	P1	794.40
Rec + agregado sss ( g )	P2	1294.40
Peso del agregado sss ( g )	A = P2 - P1	500.00
Volumen inicial del frasco ( cm3 )	Vo	250.00
Volumen final del frasco ( cm3 )	Vf	430.00
Volumen final del agregado ( cm3 )	C = Vf - Vo	180.00
Peso del agregado seco ( g )	W	490.00
Densidad del agregado SSS ( g/cm3 )	Dsss = A / C	2.78
Densidad del agregado Seco ( g/cm3 )	Dmasa = W / C	2.72
Densidad del agregado APARENTE ( g/cm3 )	Dap = W / ( C - ( A - W ) )	2.88
Porcentaje de Absorción %	Abs % = (( A - W ) / W ) * 100	2.04

### 2.3.3 PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO

El peso volumétrico varillado de un agregado, es el peso que se requiere para llenar un recipiente con un volumen específico. El objetivo de este ensayo es obtener la cantidad de agregado en kilogramos que se puede obtener por metro cúbico, al colocar material a un recipiente con volumen conocido y proporcionando acomodo a las partículas por medio de golpes, utilizando una varilla de acero redondeada. [18]

**Gráfico 8** Peso volumétrico varillado del agregado grueso.

CALCULO DE MASA UNITARIA DE LA GRAVA VARILLADA	
$W_{\text{molde}} =$	9.000 kg
$W_{\text{molde}} + \text{grava} =$	31.667 kg
$W_{\text{grava}} =$	22.667 kg
$V_{\text{molde}} =$	0.013632 m <sup>3</sup>
<b>PVV =</b>	<b>1,662.7568 kg/m<sup>3</sup></b>

### 2.3.4 PESO VOLUMÉTRICO SUELTO

El peso volumétrico suelto de un agregado, es el peso que se requiere para llenar un recipiente con un volumen específico. El objetivo de este ensayo es obtener la cantidad de agregado en kilogramos, que se puede obtener por metro cúbico, al colocar material a un recipiente con volumen conocido y sin darle acomodo a las partículas. [18]

**Gráfico 9** Peso volumétrico suelto del agregado grueso.

<b>CALCULO DE MASA UNITARIA DE LA GRAVA SUELTA</b>	
$W_{\text{molde}}$	= 9.000 kg
$W_{\text{molde}} + \text{grava}$	= 29.867 kg
$W_{\text{grava}}$	= 20.867 kg
$V_{\text{molde}}$	= 0.013632 m <sup>3</sup>
<b>PVS</b>	= 1,530.7143 kg/m <sup>3</sup>

**Gráfico 10** Peso volumétrico suelto del agregado fino.

<b>CALCULO DE MASA UNITARIA SUELTA DE ARENA</b>	
$W_{\text{molde}}$	= 2.476 kg
$W_{\text{molde}} + \text{arena}$	= 6.380 kg
$W_{\text{arena}}$	= 3.904 kg
$V_{\text{molde}}$	= 0.002686 m <sup>3</sup>
<b>PVS</b>	= 1,453.2429 kg/m <sup>3</sup>

### 2.3.5 ABRASIÓN

La resistencia a la abrasión, desgaste o dureza de los agregados, es una propiedad física que depende especialmente de las características de la roca madre. Este factor es de suma importancia cuando las partículas serán sometidas a un roce continuo como es el caso de proyectos para pisos y pavimentos, por lo cual los agregados que se emplean deben ser duros. [19]

Esta prueba es la que más se aplica para investigar la calidad global estructural de los agregados gruesos. [20]

**Gráfico 11** Abrasión del agregado grueso.

<b>METODO DE ABRASIÓN CON LA MÁQUINA DE LOS ANGELES</b>				
<b>GRANULOMETRIA</b>		<b>METODO</b>		
<b>PASA</b>	<b>RETIENE</b>	<b>A</b>		
1/2 "	3/8"	1250	+	10
			-	
3/8"	1/4 "	1250	+	10
			-	
<b>TOTAL</b>		<b>5000</b>	+	<b>10</b>
			-	

Pasante del tamiz N° 12 a las 500 Revoluciones = **916.47 g**

**Cálculo del desgaste a las 500 Revoluciones:**

$$D500 = \frac{\text{Pasante del tamiz N° 12 a las 500 Revoluciones}}{\text{Peso de muestra inicial}} \times 100$$

$$D500 = \frac{916.47 \text{ g}}{5007.50 \text{ g}} \times 100 \quad D500 = \quad \mathbf{18.30 \quad \%}$$

### 2.3.6 DENSIDAD DEL CEMENTO

La densidad del cemento hidráulico está definida como la masa de un volumen unitario de los sólidos. El peso específico real varía muy poco de unos cementos a otros, oscilando entre 2.9 y 3.15 gr/cm<sup>3</sup>. [21]

**Gráfico 12** Densidad del cemento Guapan Tipo HE.

<b>ENSAYO DENSIDAD DEL CEMENTO NORMA ASTM C188 - 03</b>	
Peso cemento	64 g
Volumen inicial Le Chatelier	0 cm <sup>3</sup>
Volumen final Le Chatelier	22 cm <sup>3</sup>
La densidad del cemento Guapan Tipo HE es:	2.95 g/cm <sup>3</sup>

### 2.3.7 CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO

Es el grado de plasticidad de la pasta de cemento hidráulico que es la adecuada para ensayar y medir por un método determinado. Los resultados de los ensayos de la consistencia normal son reportados como la relación que existe entre la masa de agua requerida para alcanzar dicha plasticidad y la masa del cemento hidráulico, la cual va expresada en porcentaje. [22] [23]

**Gráfico 13** Consistencia normal del cemento Guapan Tipo HE.

DETERMINACION DE LA CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO PORTLAND ASTM C 187-98		
Prueba	1	2
Peso de la muestra (g)	500	500
Volumen de agua (cm <sup>3</sup> )	170	150
Lectura inicial (mm)	0	0
Lectura Final (mm)	15	10
Penetración (mm)	15	10
Porcentaje de agua w%	34	30

La consistencia normal se obtuvo con el 30% de agua

### 2.3.8 FLUIDEZ DEL CEMENTO

Este ensayo descrito en la NTE INEN 2 502:2009, consiste en medir la variación de los diámetros que experimenta una pasta de cemento en el cono truncado, al ser sometido a 25 caídas en la mesa de flujo, durante un tiempo de 15 segundos. Se expresa la variación en función del valor promedio del diámetro final o también como variación en porcentaje con respecto al diámetro inicial y final. [24] [25]

**Gráfico 14** Fluidéz del cemento Guapan Tipo HE.

DETERMINACION DE LA FLUIDEZ DEL CEMENTO PORTLAND	
Diámetro inicial (mm)	100
$\Sigma$ Diámetro final (mm)	181.75
% Fluidéz =	81.75
De acuerdo a este índice de fluidéz se clasifica como mortero de consistencia dura	

**Tabla 3** Clasificación de los morteros según fluidez.

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	PENETRACIÓN mm	CONDICIONES DE COLOCACIÓN	TIPOS DE ESTRUCTURAS	SISTEMAS DE COLOCACIÓN
Dura (Seca)	80 a 100	30-45	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimientos de túneles, galerías, pantallas de cimentación y pisos	Proyección neumática con vibradores de pared
Media (Plástica)	100 a 120	45-55	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas bailejos
Fluida (Húmeda)	120 a 150	55-89	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo e inyección

**Fuente:** ASOCRETO, Manejo y colocación en obra, 2011

### 2.3.9 ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN

Es una medida de la consistencia del hormigón, obtenida mediante la prueba con el cono de Abrams. Se refiere a la contracción vertical de los materiales cementantes frescos, antes del comienzo del fraguado, y es el resultado del sangrado o la exudación (asentamiento de los sólidos con relación a los líquidos), de la subida de los vacíos de aire hacia la superficie y de la contracción química. [13]

Se realizaron tres ensayos de asentamiento del hormigón en base a la NTE INEN 1 578:2010, obteniendo las siguientes mediciones: [26]

$$A_1 = 5.5 \text{ cm} \quad A_2 = 6.5 \text{ cm} \quad A_3 = 6.0 \text{ cm}$$

$$\Sigma A = 6.0 \text{ cm}$$

### 2.3.10 ELABORACIÓN EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO

El concreto empleado para moldear los especímenes debe ser muestreado después de que se ha realizado en la obra, todos los ajustes a la dosificación de la mezcla, incluyendo la adición de agua de mezcla y los aditivos. [27] [28]

### 2.3.11 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los resultados de este método de ensayo se utilizan como base para: control de calidad de la dosificación del concreto, operaciones de mezclado y colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones, control para la evaluación de la efectividad de aditivos y usos similares.[29] [30]

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de la resistencia a la compresión de los cilindros de hormigón, tomados en la regeneración de la vía Pajonal. [31] [32]

**Gráfico 15** Resistencia a la compresión del hormigón.

PROYECTO:		Control de calidad de pavimento rígido en la vía Pajonal $f'c =$					320 kg/cm <sup>2</sup>			
Ensayo (días)	Cilindro #	$\Sigma$ Altura (cm)	$\Sigma$ Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso (g)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Carga (kgf)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
7	1	30.60	15.00	176.71	5407.47	12830	2.37	42920	242.88	
7	4	30.50	15.10	179.08	5461.90	12867	2.36	39290	219.40	
7	7	29.80	15.20	181.46	5407.46	12719	2.35	44270	243.97	
14	2	30.40	15.20	181.46	5516.34	12997	2.36	44430	244.85	
14	5	30.50	15.10	179.08	5461.90	12896	2.36	48400	270.27	
14	8	29.70	15.20	181.46	5389.31	12752	2.37	47500	261.77	
28	3	30.60	15.10	179.08	5479.81	12916	2.36	57500	321.09	
28	6	30.10	15.20	181.46	5461.90	12804	2.34	59050	325.42	
29	9	29.90	15.20	181.46	5425.61	12700	2.34	59550	328.17	

**Fuente:** El autor

### **3. CONCLUSIONES**

Se lograron tomar las respectivas muestras de los especímenes cilíndricos de hormigón colocado en el pavimento rígido de la regeneración urbana de la Avenida Luis Ángel León Román, y con ello se pudo realizar el control de calidad, en base a la normativa.

Una vez realizados los ensayos de resistencia a la compresión, a los especímenes de hormigón a los 7 días, se obtuvo un porcentaje promedio de 73.5, el cual se encuentra dentro del rango para la edad especificada, a los 14 días, se obtuvo un porcentaje promedio de 80.9, el cual se encuentra dentro del rango para la edad especificada, a los 28 días, un porcentaje promedio de 102, por lo tanto, si se está cumpliendo con la resistencia de diseño especificada para esta obra.

De acuerdo a los ensayos realizados a los agregados, se puede concluir que el único que no está cumpliendo con las normas es la granulometría de la grava, en cambio de los ensayos realizados al cemento Guapan Tipo HE, se evidencia que se está cumpliendo la respectiva normativa para este tipo de material.

Como se pudo apreciar en la faja granulométrica de la grava, este agregado no cumple con los rangos de porcentajes de partículas para los tamices, por lo cual, se recomienda realizar una mejor selección de los tamaños de las partículas, y así obtener un agregado de excelentes características para la elaboración del hormigón.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Vidaud, Ingrid - Frómata, Zenaida -Vidaud, “Visor Redalyc - CONTROL DE CALIDAD EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN EN ZONAS DE ELEVADO PELIGRO SÍSMICO,” vol. 1, pp. 72–85, 2019.
- [2] D. J. Aragon Matamoros and A. Navas Carro, “Medición de la resistencia a la compresión del concreto mediante cilindros de 100 por 200 mm y de 150 por 300 mm para el control de calidad de obras - Dialnet,” pp. 9–13, Nov. 2012.
- [3] Z. Esparza and G. Bryan, “UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MACHALA 2018.”
- [4] V. Alegre and M. Cansario, “El control de calidad en España y Colombia. Diferencias en su filosofía,” *Rev. la Asoc. Latinoam. Control Calidad, Patol. y Recuper. la Construcción*, vol. 3, no. 2, pp. 126–132, 2013.
- [5] “Comparación del desprendimiento de material en pavimentos rígidos reforzados con malla electrosoldada o fibras.” [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507567854012>. [Accessed: 26-Jul-2021].
- [6] José Luis Ramirez Ortiz, “Vista de La múltiple identidad del hormigón.” [Online]. Available: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/912/995>. [Accessed: 26-Jul-2021].
- [7] M. Suárez Pereira and F. D. Peña Fabiani, “Determinación de la distribución de probabilidades de los componentes de mezclas de concreto,” vol. 22, pp. 3–30, Jun. 2021.
- [8] “Hablando de Cementos Portland | CEMEX Peru.” [Online]. Available: <https://www.cemex.com.pe/-/hablando-de-cementos-portland>. [Accessed: 22-Jul-2021].
- [9] L. Matías and T. Arias, “EFECTIVIDAD DEL CURADO INTERNO DEL CONCRETO MEDIANTE LA SATURACIÓN DEL AGREGADO GRUESO EN COMPARACIÓN A OTROS TIPOS DE CURADO,” Universidad Nacional de Cajamarca, 2016.
- [10] “agua | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE.” [Online]. Available: <https://dle.rae.es/agua>. [Accessed: 22-Jul-2021].
- [11] C. M. Bedoya Montoya, “Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad,

resistencia a la compresión y durabilidad del concreto.,” *Revista de Arquitectura e Ingeniería*. 2017, Vol.11 No.1, Medellín, 03-Jan-2017.

- [12] A. R. Aranda, “PROYECTO FINAL DE CARRERA DE INGENIERIA TECNICA EN QUIMICA,” p. 77, 2007.
- [13] INEN, “NTE INEN 1762, HORMIGÓN DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA,” Quito, 2015.
- [14] “Aditec Curinsol Normal – Aditec.” [Online]. Available: <http://www.aditec-ec.com/producto/aditec-curinsol-normal/>. [Accessed: 22-Jul-2021].
- [15] “Sistema Oficial de Contratación Pública.” [Online]. Available: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=D0FB5Fhd3rPCp8uyNTS2etbPKvRLmiDqXhoZ2Ob5xwo,>.
- [16] P.-C.- Velásquez, “Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados,” *Tecnura*, vol. 21, no. 53, pp. 96–106, 2017.
- [17] Q. -Ecuador and P. Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 857:2010 Primera revisión ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.”
- [18] Q. -Ecuador and P. Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 858:2010 Primera revisión ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (PESO VOLUMÉTRICO) Y EL PORCENTAJE DE VACÍOS.”
- [19] R. G. Solís Carcaño and M. Á. Alcocer Fraga, “Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción,” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. 20, no. 4, pp. 1–13, Oct. 2019.
- [20] Q. -Ecuador, P. Revisión, and P. Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 860:2011.”
- [21] Q. F. -Ecuador DE ERRATAS and C. DE HIDRÁULICO DETERMINACIÓN LA DENSIDAD Primera Edición, “INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 156:2009 Segunda revisión,” 2009.

- [22] F. G. Cabrera-Covarrubias, J. M. Gómez-Soberón, J. L. Almaral-Sánchez, S. P. Arredondo-Rea, M. C. Gómez-Soberón, and J. M. Mendivil-Escalante, "Propiedades en estado fresco de morteros con árido reciclado de hormigón y efecto de la relación c/a," *Ing. y Desarro.*, vol. 35, no. 1, pp. 198–218, 2017.
- [23] Q. -Ecuador and P. Edición, "INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL. MÉTODO DE VICAT."
- [24] M. Ospina, D. Rendón, and R. M. de Guetierrez, "Evaluación del comportamiento de la sílice obtenida a partir de un sub producto industrial en morteros de cemento pòrtland," *Sci. Tech.*, vol. XIII, no. 36, pp. 461–466, 2007.
- [25] Q. -Ecuador, "INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NTE INEN 2 502:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL FLUJO EN MORTEROS."
- [26] Q. -Ecuador and P. Edición, "INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 578:2010 Primera revisión HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DEL ASENTAMIENTO."
- [27] Q. -Ecuador and P. Edición, "INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 576:2011 HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. ELABORACIÓN Y CURADO EN OBRA DE ESPECÍMENES PARA ENSAYO."
- [28] G. González Beltrán and A. Monge Sandí, "Recomendaciones para obtener resultados confiables de resistencia de cilindros de concreto. - Dialnet," vol. 1, Dec. 2011.
- [29] "Visor Redalyc - Comparación de los valores de resistencia a compresión del hormigón a la edad de 7 y 28 días." [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193945713002/>. [Accessed: 02-Aug-2021].
- [30] "Visor Redalyc - Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto." [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/journal/1939/193955500001/>. [Accessed: 02-Aug-2021].
- [31] Q. -Ecuador and P. Edición, "INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1 573:2010 Primera revisión HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE  
HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO.”

- [32] J. A. Delgado Castro, E. Rodríguez Rojas, and F. de M. Muñoz Umaña, “Desarrollo de resistencia a la compresión en concreto con cementos modificados - Dialnet,” vol. 10, pp. 28–34, Dec. 2020.

## 5. ANEXOS

*Anexo 1 Medición de dimensiones de paños de pavimento rígido, en la vía Pajonal.*



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 2 Pruebas de asentamiento del hormigón.**



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 3** Toma de muestras cilíndricas de hormigón.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 4** Colocación de parrillas de acero para control de fisuras en las esquinas del paño.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 5 Colocación de Aditec Curinsol.**



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 6 Colocación de especímenes de hormigón en la piscina de curado.**



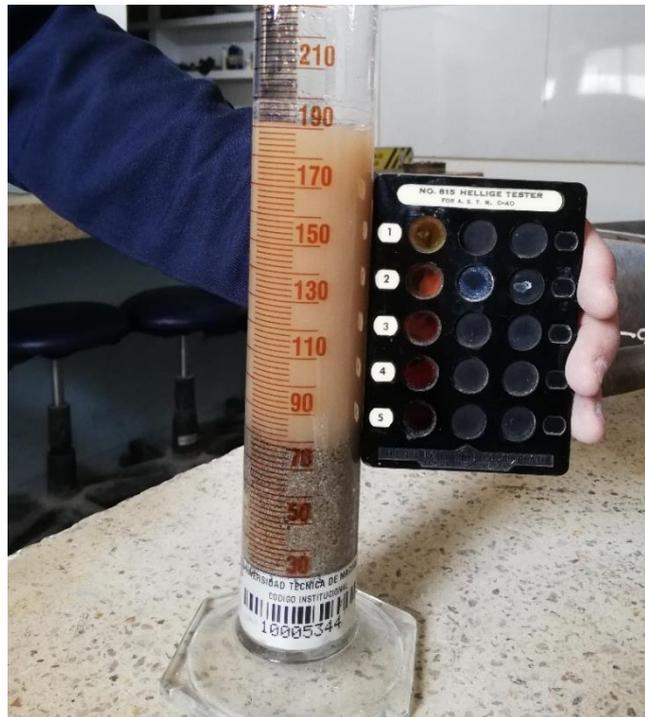
**Fuente:** El Autor.

**Anexo 7** Toma de agregados de la Planta de Hormigón de EMVIAL.



Fuente: El Autor.

**Anexo 8** Turbiedad de la arena.



Fuente: El Autor.

**Anexo 9** Cuarteo de grava para ensayo de granulometría.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 10** Ensayo de granulometría de la arena.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 11** Ensayo densidad especifica de la grava.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 12** Ensayo de Peso Volumétrico Suelto y Peso Volumétrico Varillado de la grava.



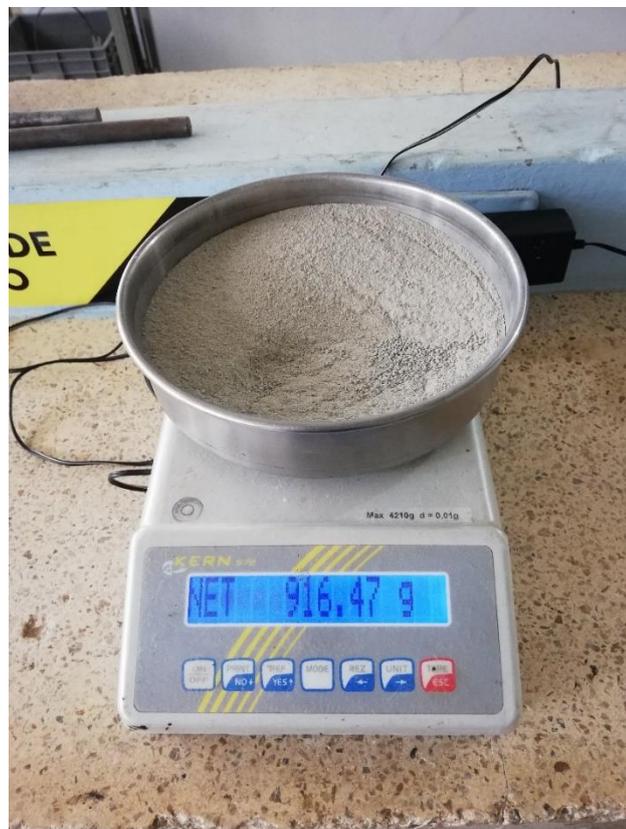
**Fuente:** El Autor.

**Anexo 13** Ensayo de Peso Volumétrico Suelto de la arena.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 14** Ensayo de abrasión de la grava.



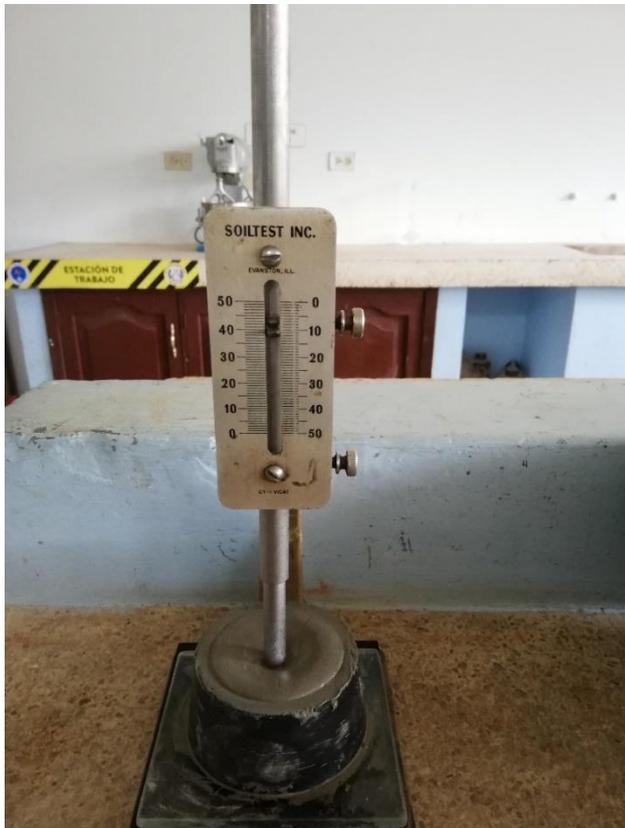
**Fuente:** El Autor.

**Anexo 15** Ensayo densidad del cemento Guapan HE.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 16** Ensayo de consistencia del cemento Guapan HE.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 17** Ensayo de fluidez del cemento Guapan HE.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 18** Carga soportada por los cilindros de hormigón a los 7 días.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 19** Carga soportada por los cilindros de hormigón a los 14 días.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 20** Carga soportada por los cilindros de hormigón a los 28 días.



**Fuente:** El Autor.

**Anexo 21** Rotura por compresión de especímenes cilíndricos de hormigón.



**Fuente:** El Autor.