



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ADICIÓN DE ALUMINATO DE ESTRONCIO EN LA  
ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO PARA LA  
MEJORA EN LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL DE UNA  
CICLOVÍA EN LIMA 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Marcello Coronel Rodriguez

**Asesor:**

Mg. Ing. Jose Alexander Ordoñez Guevara  
<https://orcid.org/0000-0001-9184-6711>

Lima - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

<b>Jurado 1 President e(a)</b>	<b>Edmundo Vereau Miranda</b>	<b>10557797</b>
	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Nro. DNI</b>
<b>Jurado 2</b>	<b>Jose Neyra Torres</b>	<b>21454204</b>
	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Nro. DNI</b>
<b>Jurado 3</b>	<b>Neicer Campos Vasquez</b>	<b>42584435</b>
	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Nro. DNI</b>

## INFORME DE SIMILITUD



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi madre Nancy del Carmen Rodriguez Vizcarra y a mi padre Ruben Flores Vilar por apoyarme incondicionalmente, haberme formado y enseñado lo que hoy me sirve a lo largo de mi vida y mis estudios profesionales, en mi vida personal y las decisiones con respecto a mi futuro que sin ellos esto no hubiese sido posible.

A todas mis amistades y seres queridos que están a mi alrededor por haberme apoyado a lo largo de esta carrera y brindarme ese apoyo moral que tanto necesite.

Un especial agradecimiento a mi asesor el Ingeniero Alexander Ordoñez por haberme dado las pautas necesarias para el fiel cumplimiento de los estándares de la universidad.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial a mi madre Nancy Rodriguez Vizcarra por haberme dado la vida y apoyado siempre para lograr mis metas tanto personales, económicas y profesionales.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>JURADO EVALUADOR.....</b>	<b>ii</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>v</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Justificación.....	5
1.3. Formulación del Problema .....	11
1.3.1. Formulación de Problemas específicos .....	11
1.4. Objetivos .....	12
1.4.1. Objetivo general .....	12
1.4.2. Objetivos específicos.....	12
1.5. Hipótesis .....	12
1.5.1. Hipótesis general .....	12
1.5.2. Hipótesis específicas .....	12
<b>CAPÍTULO II METODOLOGÍA .....</b>	<b>14</b>
2.1. Tipo de Investigación .....	14
2.1.1. Variable Independiente.....	14
2.1.2. Variable Dependiente .....	14
2.2. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	14
2.2.1. Población.....	14
2.2.2. Muestra.....	15
2.2.2.1. Muestra según NTP 339.604 .....	15
2.2.3. Muestra según UNE 23035 .....	16
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	17
2.3.1. Técnica de Recolección de datos.....	17
2.3.2. Instrumentos de recolección de datos.....	17
2.4. Procedimientos .....	19
2.5. Materiales .....	21
2.5.1. Agregado Fino y Grueso .....	21
2.5.2. Aluminato de Estroncio.....	21
2.5.3. Cemento portland blanco.....	21
2.6. Diseño de Mezcla .....	22
2.7. Ensayos.....	26
2.7.1. Ensayos de Caracterización de Agregados:.....	26

2.7.1.1.	Ensayo de Granulometría de agregados .....	26
2.7.1.2.	Ensayo de Contenido de Humedad de agregados NTP 339.185 (2013) .....	27
2.7.1.3.	Ensayo de Peso Unitario suelto de agregados NTP 400.017 (2011).....	28
2.7.1.4.	Ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino NTP 400.022 (2013) .	29
2.7.2.	Ensayos de Caracterización del Aluminato de Estroncio:.....	31
2.7.2.1.	Ensayo de Luminiscencia del aluminato de estroncio en estado de laboratorio ...	31
2.7.2.2.	Ensayo de Contenido de Humedad del Aluminato de Estroncio .....	33
2.7.3.	Ensayos a Adoquines de Concreto con Aluminato de Estroncio: .....	34
2.7.3.1.	Ensayo de resistencia a la compresión de adoquines de concreto con aluminato de estroncio .....	34
2.7.3.2.	Ensayo de iluminancia de testigos de concreto con aluminato de estroncio UNE 23035 .....	35
2.7.3.3.	Ensayo de Absorción de Adoquines de concreto con aluminato de estroncio .....	37
2.7.3.4.	Ensayo de variación de Medidas en Adoquines de concreto con aluminato de estroncio .....	38
2.8.	Procesamiento de datos .....	39
2.8.1.	Media Aritmética.....	39
2.8.2.	Desviación estándar.....	39
2.8.3.	Varianza.....	40
2.8.4.	Distribución Normal / Distribución de Gauss .....	40
2.8.5.	Aspectos Éticos .....	40
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>		<b>42</b>
3.1.	Ensayos de Caracterización de Materiales .....	42
3.1.1.	Ensayos de Caracterización de Agregado Fino .....	42
3.1.1.1.	Ensayo de Análisis Granulométrico .....	42
3.1.1.2.	Ensayo de Contenido de Humedad .....	44
3.1.1.3.	Ensayo de Peso Unitario Suelto .....	45
3.1.1.4.	Ensayo de Peso específico y Absorción .....	45
3.1.2.	Ensayos de Caracterización de Aluminato de Estroncio.....	47
3.1.2.1.	Ensayo de Contenido de Humedad .....	47
3.1.2.2.	Ensayo de Luminiscencia en Estado de Laboratorio.....	48
3.2.	Diseño de Mezcla .....	50
3.3.	Dosificación de Materiales .....	55
3.3.1.	Dosificación para Testigos cilíndricos .....	56
3.4.	Elaboración de adoquines y testigos cilíndricos.....	57
3.5.	Ensayos a Adoquines de concreto con Aluminato de Estroncio .....	58
3.5.1.	Ensayo de Luminiscencia en Estado de Laboratorio.....	58
3.5.2.	Ensayo de Absorción.....	61
3.5.3.	Ensayo de medición y dimensiones.....	62
3.5.4.	Ensayo de Resistencia a la compresión .....	63
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>65</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>73</b>
Anexo N°1: Matriz de Consistencia .....		73
Anexo N°2 Cronograma de Actividades .....		75
Anexo N°3: Registro Fotográfico Granulometría.....		76

Anexo N°4 Registro firmado Análisis Granulométrico.....	77
Anexo N°5: Registro Fotográfico Contenido de Humedad .....	78
Anexo N°6: Registro firmado Contenido de Humedad .....	79
Anexo N°7: Registro Fotográfico Peso unitario suelto .....	80
Anexo N°8: Registro firmado Peso Unitario Suelto .....	81
Anexo N°9: Registro fotográfico peso específico y absorción.....	82
Anexo N°10: Registro firmado peso específico y absorción .....	83
Anexo N°11: Registro fotográfico luminiscencia de aluminato de estroncio .....	84
Anexo N°12: Registro firmado luminiscencia de aluminato de estroncio.....	85
Anexo N°13: Registro fotográfico contenido de humedad aluminato de estroncio .....	86
Anexo N°14: Registro firmado de contenido de humedad aluminato de estroncio.....	87
Anexo N°15: Registro fotográfico de Elaboración de adoquines y testigos.....	88
Anexo N°16: Registro fotográfico de luminancia de testigos de concreto.....	89
Anexo N°17: Registro firmado de luminancia de testigos de concreto .....	90
Anexo N°18: Registro fotográfico de absorción de concreto con aluminato de estroncio..	91
Anexo N°19: Registro firmado de absorción de concreto con aluminato de estroncio .....	92
Anexo N°20: Registro fotográfico de mediciones y dimensiones de concreto con aluminato de estroncio.....	93
Anexo N°21: Registro firmado de mediciones y dimensiones de concreto con aluminato de estroncio .....	94
Anexo N°22: Registro fotográfico de resistencia a la compresión de concreto con aluminato de estroncio.....	95
Anexo N°23: Registro firmado de resistencia a la compresión de concreto con aluminato de estroncio .....	96



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01	
<i>Descripción física de un kilómetro de ciclovia unidireccional de adoquines de concreto. ..</i>	<i>5</i>
Tabla Nro. 02	
<i>Estimación de Costos en etapa de viabilidad.....</i>	<i>7</i>
Tabla Nro. 03	
<i>Clasificación de adoquines según NTP 339.611:2003.....</i>	<i>10</i>
Tabla Nro. 04.....	<i>14</i>
<i>Operacionalización de las variables .....</i>	<i>14</i>
Tabla Nro. 05.....	<i>16</i>
<i>Numero de especímenes para muestreo según NTP 339.604.....</i>	<i>16</i>
Tabla Nro. 06.....	<i>16</i>
<i>Números de especímenes con respecto al ensayo a someterse .....</i>	<i>16</i>
Tabla Nro. 07.....	<i>17</i>
<i>Tamaño de Especie.....</i>	<i>17</i>
Tabla Nro. 08.....	<i>18</i>
<i>Instrumentos de recolección de datos .....</i>	<i>18</i>
Tabla Nro. 09.....	<i>20</i>
<i>Diagrama de flujo de fase experimental.....</i>	<i>20</i>
Tabla N° 10.....	<i>22</i>
<i>Determinación de resistencia según resistencia requerida.....</i>	<i>22</i>
Tabla N° 11.....	<i>22</i>
<i>Slump según tipo de estructuras .....</i>	<i>22</i>
Tabla N° 12.....	<i>23</i>
<i>Volumen de agua por m3 (lt/m3) según TMN .....</i>	<i>23</i>
Tabla N° 13.....	<i>23</i>
<i>Aire atrapado según TMN .....</i>	<i>23</i>
Tabla N° 14.....	<i>24</i>
<i>Relación agua/cemento según <math>f'_{cr}</math> .....</i>	<i>24</i>
Tabla N° 15.....	<i>24</i>
<i>Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto (b/b0).....</i>	<i>24</i>
Tabla N° 16.....	<i>25</i>
<i>Calculo de volumen de material.....</i>	<i>25</i>
Tabla Nro. 17.....	<i>27</i>
<i>Formato de registro de ensayo de análisis granulométrico.....</i>	<i>27</i>
Tabla Nro. 18.....	<i>28</i>
<i>Formato de registro de ensayo de contenido de humedad.....</i>	<i>28</i>
Tabla Nro. 19.....	<i>29</i>
<i>Formato de registro de ensayo de Peso Unitario Suelto .....</i>	<i>29</i>
Tabla Nro. 20.....	<i>30</i>
<i>Formato de registro de ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado .....</i>	<i>30</i>
Tabla Nro. 21.....	<i>32</i>
<i>Formato de Registro de ensayo de luminancia según UNE 23035-1 .....</i>	<i>32</i>
Tabla Nro. 22.....	<i>35</i>
<i>Formato de registro de ensayo de resistencia a la compresión de adoquines de concreto</i>	<i>35</i>
Tabla Nro. 23.....	<i>36</i>
<i>Formato de registro de ensayo de luminancia en testigos de concreto .....</i>	<i>36</i>
Tabla Nro. 24.....	<i>38</i>
<i>Formato de registro de ensayo Absorción de adoquines de concreto .....</i>	<i>38</i>

Tabla Nro. 25.....	39
<i>Formato de registro de ensayo variación de dimensiones de adoquines de concreto</i> .....	39
Tabla Nro. 25.....	42
<i>Resultado de ensayo de Análisis Granulométrico</i> .....	42
.....	43
Tabla Nro. 26.....	44
<i>Resultado de Ensayo de Contenido de Humedad de Agregados</i> .....	44
Tabla Nro. 27.....	45
<i>Resultado de Ensayo de Peso Unitario Suelto de Agregados</i> .....	45
<i>o</i> .....	49
Tabla Nro. 32.....	50
<i>Espesor Nominal y resistencia a la compresión</i> .....	50
Tabla Nro. 33.....	51
<i>Características físicas de agregados</i> .....	51
Tabla Nro. 34.....	51
<i>Características físicas de Cemento Blanco “Huascarán”</i> .....	51
Tabla Nro. 35.....	52
<i>Datos para la elaboración del diseño de mezcla</i> .....	52
Tabla Nro. 36.....	53
<i>Interpolación de relación agua/cemento</i> .....	53
Tabla Nro. 37.....	53
<i>Interpolación de volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto</i> .....	53
Tabla N°38.....	54
<i>Calculo de volumen de material</i> .....	54
Tabla N°39.....	54
<i>Corrección por Humedad de Agregados</i> .....	54
Tabla N°40.....	55
<i>Aporte de agua de agregados</i> .....	55
Tabla N°41.....	55
<i>Material Necesario para 1m<sup>3</sup> de concreto</i> .....	55
Tabla N°42.....	55
<i>Material Necesario para 1m<sup>3</sup> de concreto</i> .....	55
Tabla N°43.....	56
<i>Material Necesario para 0.00015072m<sup>3</sup> de concreto</i> .....	56
Tabla N°44.....	57
<i>Material Necesario para la elaboración de los 3 adoquines de muestra</i> .....	57
Tabla N°45.....	59
<i>Resultado de iluminancia de testigos de concreto en condiciones de laboratorio</i> .....	59
<i>o</i> .....	60
Tabla Nro. 46.....	60
<i>Resultado de cálculo de Iluminancia en testigos de concreto con aluminato de estroncio</i> 60	
Tabla Nro. 47.....	61
<i>Resultado de absorción de adoquines de concreto con aluminato de estroncio</i> .....	61
Tabla Nro. 48.....	62
<i>Resultado de variación de medidas de adoquines de concreto con aluminato de estroncio</i> .....	62
Tabla Nro. 49.....	63
<i>Resultado de Resistencia a la compresión en adoquines de concreto con aluminato de estroncio</i> .....	63

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación analiza la factibilidad de la adición de aluminato de estroncio en una relación de 30 por ciento con el peso del material cementante en la elaboración de adoquines de concreto, buscando que estos adoquines de concreto fotoluminiscente cumpla con las especificaciones técnicas estipulas por la Norma española UNE 23035 y la Norma peruana NTP 339.064, esta señalización horizontal fotoluminiscente tendrá como objetivo iluminar la demarcación de una ciclovía ubicada en Lima 2019 con el fin de aportar una señalización horizontal de alta duración e iluminada de manera autónoma en horas nocturnas. Se procedió a realizar el diseño de mezcla para la elaboración de los adoquines de concreto fotoluminiscente obteniendo la cuantificación de los materiales a usar, luego de ello se logró concluir mediante el análisis de artículos científicos sobre la adición de material en la elaboración de bloques de pavimentos que las propiedades físicas y mecánicas del concreto varían pero dentro de los rangos permisibles por las normas citadas basándose a los resultados obtenidos en el laboratorio, sin embargo la relación del aluminato de estroncio en 30 por ciento en peso del material cementante proporciona las iluminancia necesaria para cumplir la normativa española referida a señalización fotoluminiscente.

**Palabras clave:** Señalización, ciclovía, fotoluminiscencia, aluminato de estroncio, adoquín de concreto.

## ABSTRACT

The present research work analyzes the feasibility of adding strontium aluminate in a relationship of 30 percent with the weight of the cementitious material in the manufacture of concrete pavers, seeking that these photoluminescent concrete pavers meet the technical specifications stipulated by The Spanish Norm UNE 23035 and the Peruvian Norm NTP 339.064, this photoluminescent horizontal signaling will aim to illuminate the demarcation of a bicycle path located in Lima 2019 in order to provide a long-lasting and autonomously illuminated horizontal signaling at night. We proceeded to carry out the mix design for the preparation of the photoluminescent concrete paving blocks, obtaining the quantification of the materials to be used, after which it was possible to conclude by analyzing scientific articles on the addition of material in the preparation of pavement blocks that the physical and mechanical properties of concrete vary but within the ranges allowed by the cited standards based on the results obtained in the laboratory, however the ratio of strontium aluminate to 30 weight percent of the cementitious material provides the necessary illuminance to Comply with the Spanish regulations regarding photoluminescent signage.

**Key words:** Signaling, bicycle path, photoluminescence, strontium aluminate, concrete paving.

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

A nivel mundial existe la tendencia de utilizar materiales fotoluminiscente para la generación de iluminación externa en estacionamientos, rutas de escape de edificios, centros comerciales y otros, es por ello que desde hace muchos años las señalizaciones fotoluminiscentes son utilizadas para demarcar áreas oscuras. (Jiménez y Ruiz, 2016)

En la actualidad existe una preocupación que cada vez se hace más importante y es que para poder lograr que toda infraestructura que se realice garantice la seguridad a los usuarios, brinden un buen confort, sea económicamente viable y sea amigable con nuestro ambiente, es por ello las empresas del sector buscan innovar en la tecnología del concreto para velar por su desarrollo sostenible en el tiempo. (Beas, Pajuelo, Pomez y Calderón, 2015).

En España se ha venido fomentando el uso de la bicicleta en zonas urbanas como dentro de las ciudades, por ello el número de ciclista se ha incrementado de manera considerable, por ello se ve necesario implementar nuevas tecnologías e infraestructura para que estos usuarios ciclistas sean visibles por parte de los usuarios que usan vehículos a motor. Mediante un estudio estadístico según la Dirección General de Tráfico la mayoría de los accidentes se dieron en las vías urbanas durante el crepúsculo y por la noche. (Arlucea, 2016)

Es por ello que estos momentos existe la alta tendencia del uso de materiales alternativos para buscar mejoras en las características físicas del concreto sin desfavorecer sus propiedades físico-mecánicas y buscando una viabilidad económica, es por esta tendencia que en los últimos años se han venido realizando investigaciones con distintos materiales alternativos de diferentes naturalezas buscando determinar las propiedades que el concreto adquiere intentando conservar las propiedades físico-mecánicas del concreto. (Cruz, Pico y Pérez, 2014).

Jiménez y Ruiz (2016), nos indica que el uso de la señalización fotoluminiscente horizontal en el pavimento subjetivamente el conductor disminuya la velocidad, no sobrepase las delimitaciones marcadas y el peatón se desplace por el cruce designado.

La energía solar se define como la energía irradiada del sol hacia la tierra, la cual cuenta con mayor presencia, además posee una gran variedad de beneficios que son aprovechables como es su aparente naturaleza inagotable, el hecho de ser una energía renovable y la libre de polución, sin embargo, posee también dificultades en su entendimiento como por ejemplo su intermitente presencia, ya que no se encuentra dentro del control y manipulación del ser humano, así como también su baja potencia, es por ello que se ve la importancia de su transformación a otro tipo de energía para manipular su almacenamiento y gasto con respecto al consumo, teniendo como base teórica que la energía solar se transforma de manera natural hacia otros tipos de energía como el calor y la electricidad en nuestro medio. (Polanía y Arroyave, 2016).

Según Cárdenas y Buitrago (2016), el aumento sumamente acelerado del uso de bicicletas en el país de Colombia a nivel metropolitano da la necesidad de buscar alternativas de mejora en el pavimento de las ciclovías, el trabajo de investigación realizado en la Universidad Piloto de Colombia sirvió para determinar que en primera instancia la propuesta de implementación de material fotoluminiscente fue satisfactorio, quedando como recomendación que la aplicación sea mediante el rociado en la parte superficial de la ciclovía para obtener mejores resultados.

Medina y Moreno (2018), en su investigación acerca de la influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto desarrollado en la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo, realizo ensayos incrustando las piedras fotoluminiscentes en la parte superficial encontrando que esto no modifica sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y el módulo de rotura y verificó que las dosificaciones mayores a  $0.61\text{kg/m}^2$  cumple con lo estipulado en la Norma española (UNE) 23035 de señalización fotoluminiscente a un tiempo de 10 minutos de descarga.

Rivera (2015), en su investigación del uso de la bicicleta como alternativa de transporte sostenible e inclusivo para Lima metropolitana, indica que muchos de los limeños pasan cuatro horas en el tráfico, lo cual repercute en su salud y economía, también propone el uso de un sistema de bicicletas urbanas usando como modelos desarrollados en las ciudades de Quito, Santiago de Chile, Bogotá, Ciudad de México, Buenos Aires y Sao Paulo.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú en su informe sobre el análisis de accidentes de tránsito en el año 2016 se registraron 116 659 accidentes de tránsito de los cuales 58 007 fueron en Lima representando el 49,7%, del total de accidentes se indica que 42 915 fueron causados por vehículos menores de los cuales 1 133 fueron causados por bicicletas y 344 por triciclos.

El análisis anteriormente mencionado no contempla las causas de colisión por ello tomamos lo mencionado por Martí-Belda, Bosó, Lijarcio y López (2016) en su investigación análisis de siniestralidad en ciclistas 2008-2012, el cual nos menciona que el mayor porcentaje de accidentes en ciclistas se da cuando la vía no está correctamente señalizada y que resulta de manera imprescindible mejorar la infraestructura vial para una mejor seguridad colectiva a los ciclistas.

Es por ello que la presente investigación nace en un esquema problemático acerca del mejoramiento de la señalética vial para ciclistas y la búsqueda de nuevas alternativas que cumplan las exigencias del mercado de la construcción, se busca determinar la dosificación óptima de aluminato de estroncio que se debe agregar al concreto que cumpla las propiedades físicas de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas y los estándares de iluminación para señalización fotoluminiscente de acuerdo a la Norma Española (UNE) debido a que Perú no cuenta con una normativa vigente referente a la señalética fotoluminiscente.

De manera indirecta esta investigación apoya con la difusión del uso de bicicletas en Lima Metropolitana como sistema de transporte alternativo de forma inclusiva y que de esta forma también motivemos a la actividad física para mejorar la salud de la población.



## 1.2. Justificación

El presente trabajo se justifica debido a la necesidad del mejoramiento de la infraestructura vial aplicando nuevas tecnologías en materiales de construcción, transportando este concepto a una obra civil se propone el modelamiento de un kilómetro de ciclovia a un lado de la vía con esquema bidireccional con adelantamiento con un ancho de dos metros con veinte centímetros, de acuerdo con lo estipulado con el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y guía de circulación del ciclista y la Norma Peruana C.E.030 construcciones especiales y complementarias, la cual tendrá con una capa de rodadura hecha de adoquines de concreto con seis centímetros de espesor con una vida útil de quince años, en la tabla Nro.01 se resumen las características físicas de la ciclovia.

Tabla N° 01

*Descripción física de un kilómetro de ciclovia unidireccional de adoquines de concreto.*

Item	Descripción	Cantidad	Observaciones
(a)	Vida Útil	15 años	15 años
(b)	Longitud	1000 metros	Distancia propuesta
(c)	Ancho de vía	2.20 metros	Medida según Manual de Diseño y Norma Peruana C.E. 030
(d)	Área superficial	2200 m <sup>2</sup>	(d) = (b) x (c)

Fuente: Manual de Diseño de ciclovas y Norma Peruana C.E.030

Autoría: Elaboración propia

Vista en planta de un tramo de la ciclovia propuesta bidireccional, vista isométrica de color verde los adoquines tipo I clase B (10x20x6) elaborados con adición de aluminato de estroncio los cuales poseerán propiedades fotoluminiscentes

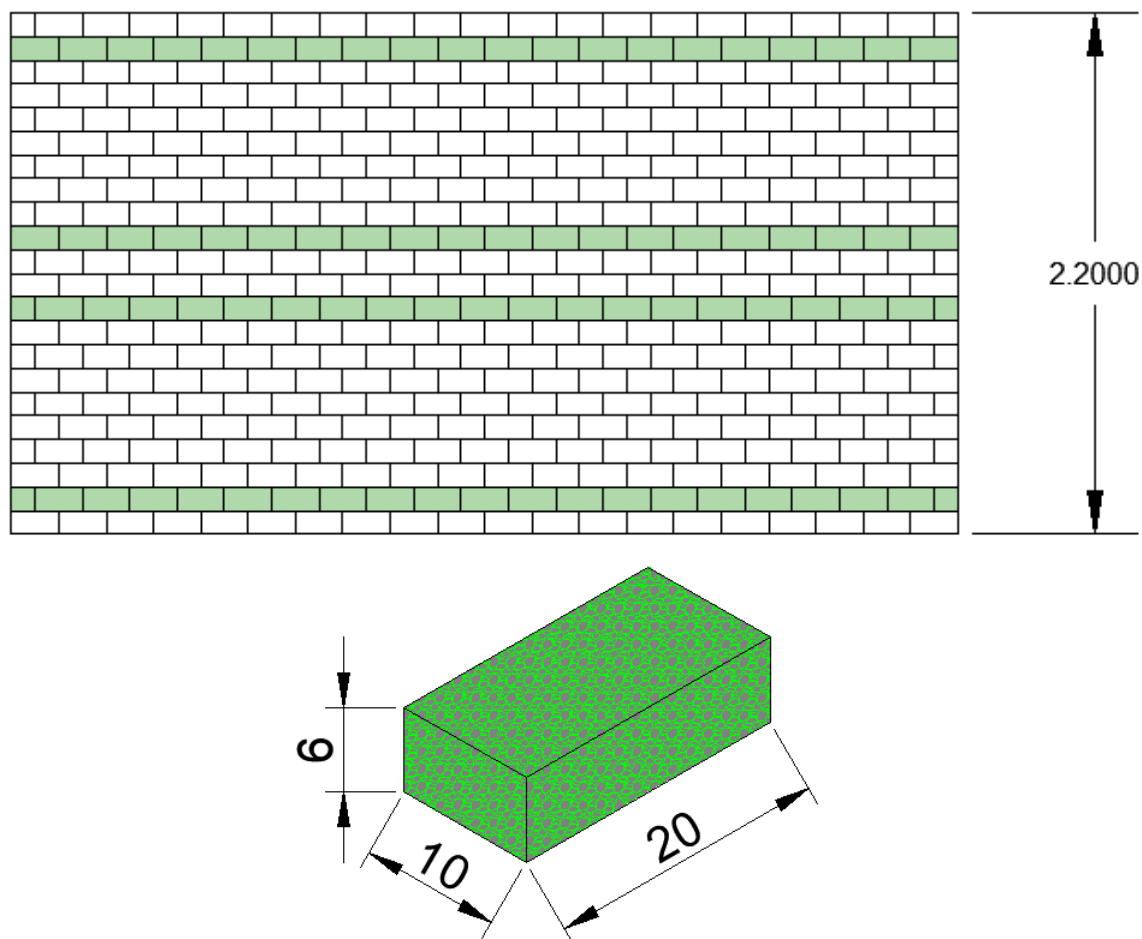


Figura 1 Vista en planta tramo de ciclovia propuesta (longitud: 1000m, ancho: 2.20m) y vista isométrica de adoquín tipo I clase B.

La estimación de costos temprana en la fase de viabilidad de un proyecto se debe realizar debido importancia en el desarrollo de sus etapas, para así tener controlados las alternativas frente a imprevistos de obra y su costo y mantenerlos así dentro del margen presupuestado, para realizar una estimación se puede llevar a cabo mediante el método análogo, el cual se basa en experiencia de proyectos pasados y experiencias de otras organizaciones que hayan llevado a cabo proyectos similares (Project Management Institute, 2008)

En la tabla Nro. 02 se muestra cuanto sería el costo por construcción de una ciclovia de un kilómetro de longitud y dos metros con veinte centímetros de ancho con un área total de dos mil doscientos metros cuadrados, realizando una estimación de costos en la etapa de viabilidad del proyecto mediante una regla de tres simples teniendo como información el desarrollo de una ciclovia de un kilómetro cuatrocientos metros de longitud y dos metros con veinte centímetros de ancho en el distrito de San Juan de Lurigancho desarrollado por la Municipalidad de Lima, el cual tuvo un costo de construcción de S/. 1,263,364.43 tal y como se puede consultar de una forma más detallada en las referencias de la presente investigación, obteniendo un costo por metros cuadrado de S/. 410.18 y del cual se obtuvo un costo de S/. 902,403.16 para el desarrollo de un área de dos mil doscientos metros cuadrados de ciclovia en Lima 2019.

Tabla Nro. 02

*Estimación de Costos en etapa de viabilidad*

Item	Detalle	Cantidad	Unidades	Observaciones
(a)	Costo ciclovia SJL	1263364.43	Soles	Proyecto INVERMET – Construcción de una ciclovia en Av. Los Jardines (SJL) (Longitud = 1400 metros)
(b)	Área ciclovia SJL	3080	m <sup>2</sup>	* (Ancho = 2.20 metros)
(c)	Estimación de Costo ciclovia en Lima	902403.16	Soles	(c) = (a) x (d) / (b)
(d)	Área ciclovia propuesta	2200	m <sup>2</sup>	

Fuente: Proyecto INVERMET – Construcción de una ciclovia en Av. Los Jardines (SJL)

Autoría: Elaboración propia

En la investigación “estudio de un compuesto cementante fotoluminiscente y su aplicación en la construcción” realizada por Flor, Carpio y Santamaria (2018), determinaron la influencia de la aplicación de un pigmento fotoluminiscente en un cemento portland blanco mediante ensayos de compresión determinando que a edades tempranas eleva la resistencia a la compresión era más elevada con respecto a la muestra sin el pigmento luminiscente, sin embargo a las edades de 28 días se registró una menor resistencia en comparación a la mezcla sin la adición del pigmento, determinaron también que el espesor no influye en la luminancia que se produce sino la dosificación del pigmento con respecto al cemento, también determinaron que la dosificación es de 0.3:1 genera el mejor estado costo-beneficio con respecto a las luminarias convencionales.

Grijalva y Laines (2016) en su investigación “diseño de morteros fotoluminiscentes aplicados de forma ornamental y señalización en caso de emergencias para edificaciones”, determinaron la resistencia de los morteros los cuales fueron diseñados un  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  obteniendo como resultado que para el mortero fotoluminiscente con el mismo diseño obtuvo un  $f'c=377.1\text{kg/cm}^2$  y para el mortero convencional se obtuvo un  $f'c=379.9\text{kg/cm}^2$  obteniendo una variación mínima. Esta investigación tuvo como resultado que la propiedad de luminiscencia se mantiene en una unidad de manera completa como en una unidad fraccionada y que la dosificación óptima es de treinta por ciento en peso, ya que un porcentaje menor no se adquiere una distribución correcta que cubra todas las partículas del cemento, y un porcentaje mayor existiría un exceso de aluminato de estroncio en vano y ello no acredita la luminancia adquirida.

Medina y Moreno (2018) en su trabajo de investigación llamado “influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto”, determinaron mediante ensayos de laboratorio que la iluminación producida por las piedras fotoluminiscentes no depende de la cantidad de horas la cual estas se encuentran expuestas, cumpliendo con lo establecido en la norma española UNE de referencia a señalética fotoluminiscente y que poseen un tiempo de descarga mayor a ocho horas, determinaron también que las probetas de concreto convencional poseían una resistencia a la compresión y una resistencia a la flexión de  $330.31 \pm 6.96 \text{ kg/cm}^2$  y  $45.78 \pm 2.06 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente y las probetas con la incrustación de las piedras fotoluminiscentes poseían una resistencia a la compresión y una resistencia a la flexión de  $331.85 \pm 4.77 \text{ kg/cm}^2$  y  $45.85 \pm 1.53 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

Cárdenas y Buitrago (2018) en su trabajo de investigación “implementación de material fotoluminiscente en pavimentos para tránsito de bicicletas”, utilizaron el sulfuro de zinc aplicándolo en briquetas de asfalto, para así ensayar dos tipos de métodos de aplicación del pigmento con resina epoxica en las briquetas de asfalto, el método 1 consistió en incluir el pigmento junto a la resina epoxica a la mezcla de elaboración de las briquetas, obteniendo así los tiempos de descarga de la luminancia de las briquetas que fueron iguales y menores al tiempo de carga, el método 2 consistió en regar el pigmento fotoluminiscente recubierto con resina epoxica, obteniendo así que los tiempos de descarga de la luminancia de las briquetas fueron mayores a los tiempos de carga. Este trabajo da a conocer acerca de los métodos que se pueden aplicar para realizar la aplicación de un pigmento fotoluminiscente sobre una ciclovia.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú en la Norma E.060 se define al concreto como la mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua con o sin aditivos.

Según Hidalgo y Poveda (2013) los adoquines son bloques que son elaborados de piedra natural u hormigón de forma maciza que comúnmente son moldeados mediante vibro-compactación, generalmente de forma prismática, el cual aumenta la trabajabilidad del material de forma que la colocación sea continua y ordenada.

Los adoquines de concreto son fabricados a partir de cemento áridos y aditivos, los cuales bajo un diseño determinado la resistencia la compresión no sea menor a 300kg/cm<sup>2</sup> para vías de tráfico liviano y no sea menor a 400kg/cm<sup>2</sup> para tráfico pesado. (Aleman y Cantos, 2016).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.611:2003 los adoquines se clasifican según su uso en tipo I, tipo II y tipo III los cuales se especifican en la Tabla Nro. 03 expuesta a continuación.

Tabla Nro. 03

*Clasificación de adoquines según NTP 339.611:2003*

Tipo	Uso
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de uso vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP) 339.611:2003

Autoría: Norma Técnica Peruana (NTP) 339.611:2003

Según Ochoa y Flores (1994) define al cemento como cualquier adhesivo, en el ámbito de la construcción el cemento es el material que tiene la cualidad de poner unir arena y ripio hasta forma una más sólida como es el caso del cemento romano.

El cemento portland se define como materiales conglomerantes hidráulicos es decir materiales de origen inorgánico y mineral que son molidos finamente que, al ser combinados a diferentes proporciones combinados con agua, se endurecen y fraguan debido a las reacciones químicas de sus componentes, dando como resultado productos hidratados que son resistentes mecánicamente y estables. (Sanjuan y Chinchón, 2014).

Los cementos blancos pertenecen a la clase 52.5, ya que poseen una alta resistencia final y fraguado rápido, además de ser aptos para ser usados en concretos de alto desempeño (Cassar, Pepe, Tognon, Guerrini, Cangiano y Goisis,2000).

La obtención del aluminato de estroncio se realiza mediante la combinación de ciertas cantidades de óxido de aluminio, oxido de estroncio y oxido bórico posteriormente se calcinan a 1100°C en una atmosfera reductora de hidrogeno durante aproximadamente 10 horas, este proceso se repite las veces necesarias hasta tener el tamaño deseable de la partícula y esto es combinado, la características de fotoluminiscencia se debe a los dopantes añadidos que normalmente son los iones metálicos de “tierras raras”. (Flor, Carpio y Santamaria, 2018).

Según Guzmán (2016) la luminiscencia tiene un tiempo de duración respecto al tiempo de transición entre los niveles de energía por ello se demarca los dos términos de fluorescencia y fosforescencia, la fluorescencia es cuando el tiempo de transición de los niveles de energía es corto y fosforescencia cuando el tiempo de transición es largo.

### 1.3. **Formulación del Problema**

¿De qué manera la adición de aluminato de estroncio en la elaboración de adoquines de concreto mejorará la señalización horizontal en una ciclovía en Lima 2019?

#### 1.3.1. **Formulación de Problemas específicos**

¿La luminiscencia generada por los adoquines con adición de aluminato de estroncio cumple con lo estipulado con la Norma Española (UNE) 23035 a los 10 minutos?

¿Las propiedades físicas de los adoquines con adición de aluminato de estroncio cumple las tolerancias mínimas de calidad de la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.064?

#### 1.4. **Objetivos**

##### 1.4.1. **Objetivo general**

Verificar si la señalización horizontal a base de adoquines de concreto con adición de aluminato de estroncio cumple con las especificaciones técnicas para señalización fotoluminiscente según la Norma Española (UNE) 23035 y la NTP 339.064.

##### 1.4.2. **Objetivos específicos**

Determinar la luminancia generada a los 10 minutos a partir de la adición de aluminato de estroncio en el concreto de acorde a un diseño de mezcla el cual cumpla con lo estipulado en la norma española (UNE) 23035 a los 10 minutos.

Determinar las propiedades físicas estipuladas en la norma técnica peruana (NTP) 339.604 sobre las tolerancias mínimas de calidad para la elaboración de adoquines.

Determinar la caracterización de los materiales a utilizarse para la elaboración de los especímenes, tales como el agregado fino, el cemento portland blanco y el aluminato de estroncio.

#### 1.5. **Hipótesis**

##### 1.5.1. **Hipótesis general**

La señalización horizontal a base de adoquines de concreto con adición de aluminato de estroncio cumple con las especificaciones técnicas para señalización fotoluminiscente según la Norma Española (UNE) 23035 y la NTP 339.064.

##### 1.5.2. **Hipótesis específicas**

La adición de aluminato de estroncio en la relación de 3 a 10 con el material cementoso de la mezcla, proporciona una luminancia que cumple con los requisitos estipulados en la norma española (UNE) 23035 a los 10 minutos.



Las propiedades físicas de los adoquines de concreto adicionado con aluminato de estroncio cumple con las especificaciones técnicas estipuladas en la norma técnica peruana (NTP) 339.604 sobre las tolerancias mínimas de calidad para la elaboración de adoquines.

La adición de aluminato de estroncio no disminuye la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días de elaborado los adoquines.

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación posee un enfoque aplicativo de método cuantitativo, con un diseño experimental puro.

#### 2.1.1. Variable Independiente

El efecto del Aluminato de estroncio con respecto a sus porcentajes de adición:

- 30% en peso con respecto al material cementante del diseño de mezcla, según Flor, Carpio y Santamaria (2018).

#### 2.1.2. Variable Dependiente

Las propiedades fotoluminiscentes que adquieren los adoquines de concreto debido a la adición de aluminato de estroncio.

Tabla Nro. 04

*Operacionalización de las variables*

Variable	Concepto	Dimensión	Indicador	Tipo variable
<b>Efecto aluminato de estroncio</b>	Es la combinación de óxido de aluminio, óxido de estroncio y óxido bórico (Flor, Carpio y Santamaria, 2018).	Compresión del concreto 339.034	$F'c=P/A$	Cuantitativo
		Luminancia en estado de laboratorio UNE 23035-1	Luxes	

Fuente: Elaboración propia.

Autoría: Elaboración propia.

### 2.2. Población y Muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

#### 2.2.1. Población

La población de este proyecto de investigación está conformada por todos los adoquines de concreto que generaran la señalización fotoluminiscente en 1Km de ciclovia en Lima 2019, teniendo en cuenta que la señalización fotoluminiscente será aplicada a las líneas laterales que demarcan la vía.

Los adoquines de concreto serán de dimensiones de 10cmx20cmx6cm y su eje más largo estará alineado de manera paralela al eje más largo de la vía (tal como se detalla en la Figura 1), por ello se determina la población mediante la ecuación representada líneas abajo.

$$P = 2 \times \left( \frac{L_v}{L_a} \right)$$

Donde:

$L_v$ =Longitud de la vía (m) = 1Km = 1000m

$L_a$ =Longitud del adoquín (m) = 0.20m

Reemplazando los valores detallados líneas arriba en la formula obtenemos el siguiente resultado:

$$P = 2 \times \left( \frac{1000}{0.2} \right)$$

$$P = 10000$$

Teniendo un resultado de 10000 adoquines que serán los cuales delimitaran la vía, que brindaran la señalización fotoluminiscente y serán la población del presente proyecto.

### 2.2.2. Muestra

#### 2.2.2.1. Muestra según NTP 339.604

La Norma Técnica Peruana 339.604 estipula que la cantidad de especímenes como muestra para realizar los ensayos de resistencia a la compresión, absorción, peso unitario(densidad), y contenido de humedad que para lotes de 10 000 unidades o menos serán 3 unidades, 6 unidades por cada lote mayor de 10 000 unidades y menor de 100 000 unidades y que para lotes mayores de 100 000 se seleccionarán 6 unidades cada 50 000 unidades o fracción. En la tabla Nro. 05 se resume lo estipulado por la Norma Técnica Peruana NTP 339.604.

Tabla Nro. 05

*Numero de especímenes para muestreo según NTP 339.604*

Cantidad de Adoquines de Concreto	Tamaño de muestra de especímenes
Tamaño Lote $\leq$ 10 000	3 Unidades
10 000 < Tamaño Lote < 100 000	6 Unidades
Tamaño Lote $\geq$ 100 000	Se seleccionarán 6 unidades cada 50 000 unidades o fracción

Fuente: NTP 339.604.

Autoría: Elaboración propia.

Debido a que nuestra población es de un lote de 10 000 unidades nuestra muestra de adoquines de concreto fotoluminiscente será de 3 unidades que según la Norma Técnica Peruana NTP 339.604, como se expresa en la tabla Nro. 06 las tres unidades serán sometidas a la prueba de medición de dimensiones y luego de ello al ensayo de absorción y como último se someterán al ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla Nro. 06

*Números de especímenes con respecto al ensayo a someterse*

Numero de Especímenes	Ensayos por aplicarse
3 Unidades	Ensayo de Medición de Dimensiones
	Ensayo de Resistencia a la Compresión
	Ensayo de Absorción

Fuente: NTP 339.604

Autoría: Elaboración propia.

### 2.2.3. Muestra según UNE 23035

La muestra que se tomara será de una forma no probabilística, bajo el método de muestreo por conveniencia (juicio) y bajo los consejos de un profesional con experiencia para el desarrollo de los ensayos de emisión de luz, según la Norma Española UNE 23035 “Señalización Fotoluminiscente” se debe realizar 3 ensayos por cada situación expuesta describiendo que la unidad de ensayo para pigmentos fotoluminiscentes es el peso que ingrese en un recipiente don un diámetro mayor a 50mm y con una altura de 5mm.

Por ello que para determinar el tamaño de la muestra se tomó en cuenta la cantidad necesaria para completar los ensayos de manera correcta según detalla en la tabla Nro. 07.

Tabla Nro. 07

*Tamaño de Especie*

Tamaño de Muestra	Ensayo por aplicarse
3 testigos como mínimo	Ensayo de emisión de Luz para otros productos fotoluminiscentes
3 Unidades de ensayo	Ensayo de emisión de Luz para pigmentos fotoluminiscentes

Fuente: UNE 23035 “Señalización Fotoluminiscente”

Autoría: Elaboración propia.

Por lo cual se determina que nuestra muestra para el desarrollo del ensayo de emisión de luz según la Norma Española UNE 23035 será de 4 unidades de testigos de concreto y 3 unidades de ensayo de pigmento fotoluminiscente.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

#### 2.3.1. Técnica de Recolección de datos

La presente investigación tendrá como técnica de recolección de datos la experimentación y observación, debido a que estas técnicas nos permiten recolectar la información de manera que se observan las características registradas debido a la adición del aluminato de estroncio (30%) con respecto al peso del cemento portland, es decir la observación y experimentación nos va a permitir apreciar la como la variable independiente modificara a las variables dependientes.

#### 2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que serán utilizados para la recolección de datos serán de hojas de Excel estructuradas, las cuales se han elaborado con tal de que cumplen con todo lo estipulado en las normas técnicas NTP, ASTM y UNE respectivas para cada tipo de ensayo.

Tabla Nro. 08

*Instrumentos de recolección de datos*

MATERIAL	MUESTRA	TÉCNICA	INSTRUMENTO	MÉTODO
Agregados	Unidades	Experimental Visual	Hojas de cálculo en Excel	Realizar ensayos para determinar la caracterización del agregado fino que se requiere según el método de diseño ACI 211.1 y cumpla las NTP 400.012, NTP 339.185, NTP 400.017 y NTP 400.022.
Cemento	Unidades	Experimental Visual	Hojas de cálculo en Excel	Realizar ensayos para determinar la caracterización del cemento blanco que se adicionara según el método de diseño ACI 211.1 y cumpla las NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090.
Aluminato de Estroncio	Unidades	Experimental Visual	Hojas de cálculo en Excel / Norma UNE 23035-1	Realizar ensayo para determinar la caracterización del aluminato de estroncio según las normas UNE 23035-1, NTP 339.185 y NTP 400.022.
Diseño de mezcla de concreto	Porcentajes	No aleatorio	Hojas de cálculo en Excel / Norma ACI 211.1	Determinar los diseños de mezcla adicionando el 25%, 30% y 35% de aluminato de estroncio, según el diseño ACI 211.1.
Adoquines de concreto con aluminato de estroncio	Adoquines	No Aleatorio Experimental Visual	Hojas de cálculo en Excel / Norma UNE 23035-1	Determinar la luminancia media de los adoquines de concreto a partir de la norma UNE 23035-1 Determinar la resistencia a la compresión, absorción y peso unitario(densidad) y contenido de humedad según lo estipulado en la Norma NTP 399.604

Fuente: Elaboración propia.

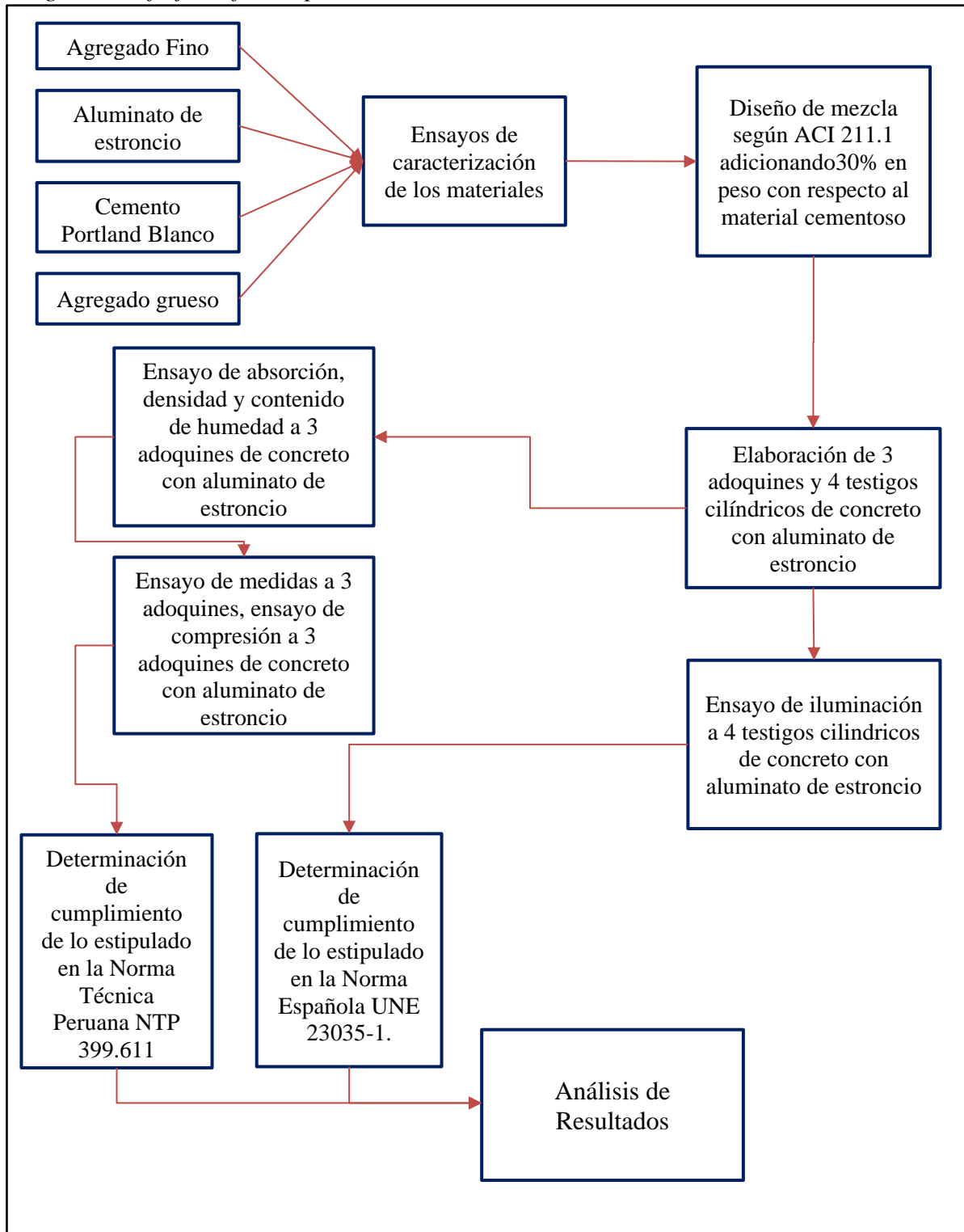
Autoría: Elaboración propia.

#### 2.4. **Procedimientos**

En el siguiente diagrama de flujo se explica cuál será el procedimiento de recolección de datos a lo largo de la ejecución de la fase experimental del presente trabajo de investigación, el cual inicia una vez obtenido los materiales para la elaboración de la muestra y detalla de manera específica cuáles serán los procedimientos a seguir al momento de determinar el comportamiento de las variables dependientes a partir de la modificación de la variable independiente y al finalizar los ensayos se menciona el procesamiento de los resultados y como finalidad el modelamiento de 01Km de una ciclovía a con señalización lateral fotoluminiscente a base de adoquines de concreto con aluminato de estroncio en la ciudad de Lima en el año 2019.

Tabla Nro. 09

*Diagrama de flujo de fase experimental*



Fuente: Elaboración propia.  
Autoría: Elaboración propia.



## 2.5. Materiales

### 2.5.1. Agregado Fino y Grueso

El agregado fino se obtendrá mediante la compra a la empresa Cantera “LUKE” la cual cumple con las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas NTP 400.037 y NTP 400.012 y el estándar ASTM C-33.

El material será caracterizado en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte mediante los ensayos estipulados en la Norma Técnica Peruana NTP 400.012.

### 2.5.2. Aluminato de Estroncio

Después de realizar una búsqueda en el mercado peruano con las empresas que venden productos fotoluminiscentes, se concluyó que en el Perú no se encuentra dicho compuesto, ya que dicho compuesto es proveniente de “minas de tierras raras” que no se encuentran presenten el territorio peruano, por lo tanto, el aluminato de estroncio se obtendrá a partir de la compra a una empresa internacional la cual reside en el país de España la empresa distribuidora es SOLUCIONES FOTOLUMINISCENTES S.A. la cual hará la entrega del material en una empresa de encomiendas que tiene destino al Perú y esta importara dicho material al país.

El pigmento fotoluminiscente cuenta con ficha técnica con el código FT402, la cual podrán consultar en la lista de referencias del presente trabajo de investigación.

### 2.5.3. Cemento portland blanco

El cemento blanco portland marca Comacsa es elaborado bajo lo estipulado de la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 y ASTM C-150, la cual es publicada en su ficha técnica con el código VNT-HT-001 en la cual expresa el análisis químico y las propiedades físicas del material, la cual podrán consulta en la lista de referencias del presente trabajo de investigación.

## 2.6. Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla se realizará bajo el estándar del American Concrete Institute (ACI) 211.1, en el cual primero se debe determinar la resistencia a la compresión considerando la resistencia requerida según la tabla N°10.

Tabla N°10

*Determinación de resistencia según resistencia requerida*

Resistencia a la Compresión ( $f'c$ )	Resistencia a la Compresión Requerida ( $f'cr$ )
< 210 kg/cm <sup>2</sup>	$f'cr = f'c + 70$
210 kg/cm <sup>2</sup> – 350 kg/cm <sup>2</sup>	$f'cr = f'c + 84$
> 350 kg/cm <sup>2</sup>	$f'cr = f'c + 98$

Fuente: ACI 211.1

Autoría: ACI 211.1

Se procede a seleccionar el slump de la mezcla según el tipo de estructura según lo estipulado en la tabla N°11.

Tabla N°11

*Slump según tipo de estructuras*

Tipo de Estructura	Slump Máx.	Slump Min.
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Muros y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211.1

Autoría: ACI 211.1

Luego se procede a seleccionar la relación a/c y el aire atrapado según el TMN del agregado grueso, acorde a las tablas N°12 y N°13.

Tabla N° 12

*Volumen de agua por m<sup>3</sup> (lt/m<sup>3</sup>) según TMN*

Slump (1"=25mm)	Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso (TMN)							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	Concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	168	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
	Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	2016	205	197	184	174	166	154	--

Fuente: ACI 211.1

Autoría: ACI 211.1

Tabla N° 13

*Aire atrapado según TMN*

TMN Agregado Grueso	Aire Atrapado %	
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

Fuente: ACI 211.1

Autoría: ACI 211.1

En seguida, se selecciona la relación de agua cemento (a/c) según la resistencia a la compresión requerida ( $f'_{cr}$ ), los valores de la tabla N° 14 deben ser interpolados para el valor exacto de  $f'_{cr}$ .

Tabla N° 14

*Relación agua/cemento según f'cr*

f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	--
420	0.41	--
450	0.38	--

Fuente: ACI 211.1

Autoría: ACI 211.1

Después de ello se procede a calcular el Factor cemento (FC) que se halla a partir de la división del volumen de agua de la mezcla entre la relación agua/cemento como se detalla en la siguiente expresión.

$$FC = \frac{\text{Volumen de Agua por m}^3}{\text{agua/cemento}}$$

Posteriormente se define el peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto (b/b0) según el módulo de fineza del agregado fino según lo detallado en la tabla N°15.

Tabla N° 15

*Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto (b/b0)*

TMN Agregado Grueso		Modulo de Fineza			
		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	9.5mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

Autoría: ACI 211.1

Una vez obtenido el valor b/b0 se procede a multiplicarse por PUCS (Peso Unitario Compactado Seco) para poder así obtener el peso del agregado grueso (kg/m3).

Una vez que tenemos todos los pesos (kg/m3), se procede a realizar el cálculo de volúmenes absolutos del cemento, agregado grueso, agua y aire según lo especificado en la tabla N°16.

Tabla N°16

*Calculo de volumen de material*

Item	Material	Volumen Absoluto (m3)
(a)	Cemento	(Peso de material /m3) / (peso específico)
(b)	Agregado Grueso	(Peso de material /m3) / (peso específico)
(c)	Agua	(Peso de material /m3) / (peso específico)
(d)	Aire	(Porcentaje de aire) / 100
(e)	Sumatoria Parcial de volúmenes de materiales	(a) + (b) + (c) + (d)
(d)	Arena	1 - (e)

Fuente: ACI 211.1

Autoría: Elaboración propia

De la tabla anterior se obtuvo el volumen de arena y se procede a multiplicarlo por su peso específico para obtener el peso (kg/m3).

Consiguiente se procede a realizar la corrección por humedad en los agregados finos y gruesos con acorde a la siguiente expresión.

$$Correccion(kg) = \text{peso del material} * \left( \frac{\%Humedad}{100} + 1 \right)$$

Se procede a realizar el cálculo del aporte de agua de los agregados finos y gruesos con la siguiente formula.

$$Aporte\ del\ agregado\ (lt) = \frac{(\%Humedad - \%Absorción) * \text{peso seco}}{100}$$

## 2.7. Ensayos

### 2.7.1. Ensayos de Caracterización de Agregados:

#### 2.7.1.1. Ensayo de Granulometría de agregados

Según la NTP 400.012, 2013 los pasos que seguir para la realización del presente ensayo son:

- Para comenzar con la ejecución del ensayo se deberá de registrar 03 muestras del material fino de 500gr de peso cada uno.
- Luego, se deberá seleccionar las zarandas de tamiz en los que van a pasar los por los que pasará el material y estos se colocaran de manera descendente uno sobre otro. (3/8", N°4, N°8, N°16; N°30; N°50; N°100 ; Fondo).
- Se posicionará las muestras del material en los tamices, y se empezará a agitar durante 5 minutos.
- Luego se procederá a retirar el material retenido en el tamiz para tomar registro del peso para cada tamiz.
- Finalmente, se calculará el módulo de fineza del material el cual se obtendrá dividiendo la sumatoria de los pesos retenidos en los tamices entre 100.

Tabla Nro. 17

## Formato de registro de ensayo de análisis granulométrico

Material:	Agregado - Arena Gruesa		Fecha:	
Ref:	NTP 400.012		Laboratorio:	UPN, LC
<b>ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO</b>				
			<b>% Retenido</b>	<b>HUSO</b>
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso</b>		
<b>ASTM</b>	<b>(mm)</b>	<b>Retenido</b>	<b>% Pasa</b>	
			<b>Parcial</b>	<b>Acumulado</b>
			<b>INFERIOR</b>	<b>SUPERIOR</b>
3/8"	9.5		100	100
4	4.76		95	100
8	2.36		80	100
16	1.1		50	85
30	0.59		25	60
50	0.297		5	30
100	0.149		0	10
200	0.075		0	0
Fondo	----			
<b>TOTAL</b>			<b>Módulo de Fineza</b>	

Fuente: NTP 400.012, 2013

Autoría: Elaboración propia.

**2.7.1.2. Ensayo de Contenido de Humedad de agregados NTP 339.185 (2013)**

Según la NTP 339.185 (2013) los pasos a seguir para la elaboración del presente ensayo son de la siguiente manera.

En primer lugar, se tomará tres muestras de agregado fino para pesarlas en su estado natural (A).

Luego se procede a colocar la muestra en el horno a una temperatura de  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 24 horas para registrar el peso de muestra seca (B)

Por último, se calculará el contenido de humedad del agregado fino de la siguiente manera:

$$W\% = \frac{(A - B)}{B} \times 100$$

W%= Contenido de humedad.

A= Peso del agregado fino en su estado natural.

B= Peso del agregado fino en su estado seco.

Tabla Nro. 18

*Formato de registro de ensayo de contenido de humedad*

Material:	Agregado - Arena Gruesa		Fecha:			
Ref:	NTP 339.185		Laboratorio:	UPN-LC		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO						
Muestra	Peso de bandeja (gr) (1)	Peso de bandeja +muestra natural (gr) (2)	Peso de bandeja +muestra seca (gr) (3)	Peso de la muestra natural (A) (2-1)	Peso de la muestra seca (B) (3-1)	Humedad (%W)
M1						
M2						
M3						

Fuente: NTP 339.185, 2013

Autoría: Elaboración propia

**2.7.1.3. Ensayo de Peso Unitario suelto de agregados NTP 400.017 (2011)**

Según la NTP 400.017(2011) el paso a paso a seguir se detalla a continuación.

- Se empieza el cálculo del volumen del molde (A) y peso del molde (B).
- Después se procede vaciar la muestra de agregado en el molde hasta colmarlo

además se toma datos de su peso (C).

- Por último, se determinará el PUS con la siguiente formula:

$$PUS = \frac{C - B}{A}$$

PUS: Peso unitario suelto.

A: Volumen del molde.

B: Peso del molde vacío.



C: Peso de la muestra más molde.

Tabla Nro. 19

*Formato de registro de ensayo de Peso Unitario Suelto*

Material:	Agregado - Arena Gruesa		Fecha:	
Ref:	NTP 400.017	Ref:	Laboratorio:	UPN, LC
<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO</b>				
Muestra	Volumen de molde (cm <sup>3</sup> /L) (A)	Peso del molde vacío (gr) (B)	Pesa de molde + muestra (gr) (C)	P.U.S. (C -B / A)
M1				

Fuente: NTP 400.017 (2011)

Autoría: Elaboración propia

#### 2.7.1.4. **Ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado fino NTP 400.022**

(2013)

- Se comienza por sumergir la muestra en agua por 24 horas.
- Después la muestra se secará con el apoyo de un horno mediano.
- Cuando la muestra está seca, se registra su peso y luego se coloca en un cono, disponiendo tres capas con 25 golpes por cada capa con el pisón.
- Después se retira el cono en el caso de que al retirarse se derrumbe la tercera parte de la muestra, se llegará a la conclusión de acuerdo con la norma que la muestra está saturada superficialmente seca.
- Al hallar la muestra en ese estado, se procede a ingresarla en una fiola con agua hasta 1000 ml (primero se debe de pesar la fiola vacía y con agua).
- Después que se coloca la muestra en la fiola, se empieza a rodarla en una superficie plana hasta separarla de todas las burbujas de aire, durante un minuto.
- Una vez que se eliminaron todas las burbujas se pesará la fiola con el agua y con la muestra.

• Se saca toda el agua de la fiola, y la muestra de agregado procede a secarse en el horno a 100 °C en un tiempo de 24 horas, y se obtendrá su peso seco.

• Por último, se calcula el peso específico y la absorción con las siguientes fórmulas.

$$\text{Densidad Seca} = \frac{A}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad Saturada Superficialmente Seca} = \frac{S}{B + S - C}$$

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Absorción} = \frac{S - A}{A} \times 100 \quad (\%)$$

A: Peso al aire de la muestra seca (gr)

B: Peso de la fiola aflorado lleno de agua (gr)

C: Peso total de la fiola aflorado con muestra y llena de agua (gr)

S: Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)

Tabla Nro. 20

*Formato de registro de ensayo de Peso Específico y Absorción de agregado*

Material:	Agregado - Arena Gruesa	Fecha:	
Ref:	NTP 400.022	Laboratorio:	UPN, LC

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION**

Muestra	Peso seco (gr)	Peso de la fiola + agua (gr)	Peso de la muestra saturado (gr)	Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada Superficialmente Seca (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Aparente Kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
	A	B	C	S			

M1

Fuente: NTP 400.022, 2013

Autoría: Elaboración propia

## 2.7.2. Ensayos de Caracterización del Aluminato de Estroncio:

### 2.7.2.1. Ensayo de Luminiscencia del aluminato de estroncio en estado de laboratorio

Según la Norma UNE 23035-1 los pasos para la medición de la luminancia de materiales luminiscentes son:

- Para comenzar con el ensayo, se deben de designar 03 muestras de tamaño suficiente para ser colocadas en un recipiente como mínimo de 5cm de diámetro y 3cm de altura.
- Continuamente la muestra será expuesta durante 5 minutos bajo una lámpara de xenón de 150W con una iluminación de 1000lux a una altura de 40cm.
- Durante la estimulación de la muestra, se colocarán al fotómetro a la interfaz LoggerPro y esta será conectada a una PC para su utilización.
- Se configurará el fotómetro (sensor de luz) en un eje y el tiempo en el eje secundario con el tiempo límite de 10 minutos.
- Luego de ser estimulada la muestra, esta será colocada bajo el fotómetro para la toma de datos a una altura de 50mm.

Tabla Nro. 21

*Formato de Registro de ensayo de luminancia según UNE 23035-1*

---

Material: Aluminato de estroncio Fecha:  
Ref: UNE 23035-3 Laboratorio: Fisica - UPN LC

---

**ILUMINANCIA EN CONDICIONES DE LABORATORIO**

---

Tiempo (s)	M-1 (lux)	M-2 (lux)	M-3 (lux)
------------	--------------	--------------	--------------

---

0

20

40

60

80

100

120

140

160

180

200

220

240

260

280

300

320

340

360

380

400

420

440

460

480

500

520

540

560

580

600

---

E:Ultima Toma (lux)

R (Radio de muestra en mm)

r (altura de toma en mm)

---

Fuente: Elaboración propia

Autoría: Elaboración Propia

De acuerdo con la Norma UNE 23035-1 la relación de Luminancia e iluminancia está dada por la siguiente expresión:

$$L = \frac{E}{\Omega p}$$

Donde:

L: Luminiscencia en cd/cm<sup>2</sup>

E: Ultima toma en lux

$\Omega p$ : Angulo solido proyectado sobre la muestra, donde:

$$\Omega p = \pi \left(1 + \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)^{-1} * \Omega_0$$

Donde:

$\Omega_0$ : Angulo solido unitario en grados = 57.29577

R: Radio de la muestra en mm.

r: Distancia del cabezal de la entrada de luz y la sección en análisis en mm.

La norma también nos pone como requisito mínimo que para pigmentos fotoluminiscentes la Luminancia a 10 minutos tiene que ser como mínimo mayor o igual a 60 mcd/cm<sup>2</sup>

#### 2.7.2.2. Ensayo de Contenido de Humedad del Aluminato de Estroncio

Tomando como referencia la norma NTP 339.185 (2013) la cual determina el contenido de humedad en un agregado fino se considera que los pasos a seguir serán los siguientes:

- Para comenzar, se deberá de pesar 03 muestras del material en estado natural (1).
- Luego, se procede a colocar la muestra en el horno a una temperatura de 100° C  $\pm 5^\circ$ C durante 24 horas para obtener el peso de muestra seca (2)

- Los datos serán colocados en el formato de registro de ensayo de contenido de humedad que se representa en la Tabla N°18.

- Se calculará el contenido de humedad del agregado fino de la siguiente manera:

$$W\% = \frac{(1 - 2)}{2} \times 100$$

W%= Contenido de humedad.

1= Peso del agregado fino en su estado natural.

2= Peso del agregado fino en su estado seco.

### 2.7.3. Ensayos a Adoquines de Concreto con Aluminato de Estroncio:

#### 2.7.3.1. Ensayo de resistencia a la compresión de adoquines de concreto con aluminato de estroncio

Según la Norma NTP 339.064 los procedimientos a seguir para la realización del ensayo de resistencia a la compresión de los adoquines de concreto serán:

- Se elaborará los adoquines según lo estipulado en la norma NTP 339.611 asegurando así la calidad de los adoquines.
- Los adoquines de concreto serán colocados de manera ordenada en un ambiente fresco y uniforme durante 24 horas.
- Los adoquines de concreto serán desmoldados y rotulados de manera que se identificará la fecha de producción.
- Posteriormente, las probetas serán colocadas en las pozas de curado durante 28 días.
- Los adoquines de concreto son colocados c en la prensa, para poder calcular el esfuerzo generado se debe de conocer las medidas de longitud y ancho de la cara de servicio y la fuerza ejercida.

$$Esfuerzo = \frac{P}{A}$$

Tabla Nro. 22

*Formato de registro de ensayo de resistencia a la compresión de adoquines de concreto*

Material:	Adoquines de Concreto al 30% de Adicion	Fecha:
Ref:		Laboratorio: UPN, LC

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Muestra	Edad (días)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	P (Kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	4					
M2	7					
M3	14					

Fuente: NTP 339.611

Autoría: Elaboración Propia

**2.7.3.2. Ensayo de iluminancia de testigos de concreto con aluminato de estroncio UNE 23035**

Se tomó como base el procedimiento de la Norma UNE 23035-1 para la evaluación de luminiscencia en estado de laboratorio de un material fotoluminiscentes, en este caso se realizarán testigos cilindricos de diámetro mayor a 50mm y 60mm de altura de concreto con propiedades fotoluminiscentes a diferentes relaciones de aluminato de estroncio/cemento para poder analizar así la adquisición de propiedades fotoluminiscentes, los pasos para seguir son:

- Se elaborarán testigos de concreto según lo estipulado en la norma NTP 339.661 asegurando así la calidad.
- Los testigos serán colocados en un ambiente oscuro durante 05 minutos para poder lograr su descarga.
- Continuamente el testigo descargado, será expuesto durante 5 minutos bajo una lámpara de xenón de 150W con una iluminación de 1000lux a una altura de 40cm.
- Durante la estimulación del adoquín, se colocarán al fotómetro a la interfaz LoggerPro y esta será conectada a una PC para su utilización.

- Se configurará el fotómetro (sensor de luz) en un eje y el tiempo en el eje

secundario con el tiempo límite de 600 segundos

Tabla Nro. 23

*Formato de registro de ensayo de luminancia en testigos de concreto*

Material:	Testigos de concreto	Fecha:
Edad:	UNE 23035-3	Laboratorio: UPN-LC

**ILUMINANCIA DE TESTIGOS DE CONCRETO EN CONDICIONES DE  
LABORATORIO**

	M-1	M-2	M-3	M-4
Tiempo (s)	5%	15%	30%	50%
	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0				
20				
40				
60				
80				
100				
120				
140				
160				
180				
200				
220				
240				
260				
280				
300				
320				
340				
360				
380				
400				
420				
440				
460				
480				
500				
520				
540				
560				
580				
600				



E: Última Toma (lux)  
R (Radio de muestra en  
mm)  
r (altura de toma en mm)

---

Fuente: Elaboración propia.  
Autoría: Elaboración propia.

De acuerdo con la Norma UNE 23035-1 la relación de Luminancia e iluminancia está dada por la siguiente expresión:

$$L = \frac{E}{\Omega p}$$

Donde:

L: Luminancia en cd/cm<sup>2</sup>

E: Última toma en lux

$\Omega p$ : Angulo solido proyectado sobre la muestra, donde:

$$\Omega p = \pi \left(1 + \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)^{-1} * \Omega_b$$

Donde:

$\Omega_b$ : Angulo solido unitario en grados = 57.29577

R: Radio de la muestra en mm.

r: Distancia del cabezal de la entrada de luz y la sección en análisis en mm.

La norma también nos pone como requisito mínimo que para pigmentos fotoluminiscentes la Luminancia a 10 minutos tiene que ser como mínimo mayor o igual a 40 mcd/cm<sup>2</sup>

### 2.7.3.3. **Ensayo de Absorción de Adoquines de concreto con aluminato de estroncio**

Para la elaboración del presente ensayo se tomará como referencia lo estipulado en la NTP 399.604, teniendo en consideración que la tolerancia máxima es de 4% de absorción.

Los pasos por seguir son:

- Se tomarán 3 muestras las cuales serán llevadas al horno durante 24h a 110°C y se tomara los pesos una vez seco.
- Luego de ello, se saturarán en una poza por 24h y posterior a retirarlo de la poza con agua se registrará el peso inmediatamente.
- Donde la saturación se calculará a partir de la siguiente expresión:

$$\%Absorción = \frac{(Peso Saturado - Peso Seco)}{Peso seco} * 100$$

Tabla Nro. 24

*Formato de registro de ensayo Absorción de adoquines de concreto*

Material:	Adoquines al 30%	Fecha:	
Ref:	NTP 399.611	Laboratorio:	Concreto -UPN LC

**ENSAYO DE ABSORCION DE ADOQUINES DE CONCRETO**

Muestra	Peso seco (gr)	Peso de la muestra saturada (gr)	Absorción (%)
M1			
M2			
M3			
<b>Promedio</b>			

Fuente: NTP 399.611

Autoría; Elaboración Propia

#### 2.7.3.4. Ensayo de variación de Medidas en Adoquines de concreto con aluminato de estroncio

Para la elaboración del presente ensayo se tomará como referencia lo estipulado en la NTP 399.604 teniendo en consideración que la tolerancia mínima para la variación de medidas no puede ser mayor o igual a +/- 1.6cm para cualquiera de sus medidas.

Para la ejecución del presente ensayo, se tomo en cuenta los siguientes procedimientos:

- Se tomarán tres adoquines con adición de aluminato de estroncio como muestras que se designaran como M1, M2 y M3.

- Las muestras serán colocadas en un horno durante 24h a una temperatura de 110°C.
- Las muestras serán retiradas y dejarlas enfriar por 1h.
- En un ambiente de piso plano y libre impurezas se dispondrán los adoquines y se llevara a cabo la toma de sus medidas teniendo en cuenta que se deberán de tomar como mínimo 2 medidas de cada medida (ancho, largo y alto).
- Luego de ello se promedia y se resta con la medida de diseño y así calcular la variación de dimensiones.

Tabla Nro. 25

*Formato de registro de ensayo variación de dimensiones de adoquines de concreto*

Material:	Adoquines al 30%	Fecha:	
Ref:	NTP 399.611	Laboratorio:	Concreto -UPN LC
<b>ENSAYO DE VARIACION DE DIMENSIONES DE ADOQUINES</b>			
Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)
M1			
M2			
M3			
Promedio (cm)			
Diseño (cm)	10	20	6
<b>Variación (+/- cm)</b>			

Fuente: NTP 399.611

Autoría; Elaboración Propia

## 2.8. Procesamiento de datos

### 2.8.1. Media Aritmética

La media aritmética se define como la sumatoria de los valores a analizar dividido sobre la cantidad de dichos datos.

### 2.8.2. Desviación estándar

La desviación estándar representa que tan dispersos se encuentran los datos con respecto a la media aritmética

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

DS=Desviación estándar.

$\sigma^2$  = Varianza

### 2.8.3. Varianza

La varianza se calcula como la desviación estándar elevada al cuadrado, por ello este valor represente que mientras el valor sea más pequeño el valor de los datos se acercan más a la media.

$$(\sigma)^2 = \frac{\sum((X_j - x))^2}{n - 1}$$

Donde:

$\sigma^2$  = Varianza.

$X_j$  = Dato del conjunto.

$X$  = Promedio de datos del conjunto.

$n$  = cantidad de datos del conjunto.

### 2.8.4. Distribución Normal / Distribución de Gauss

Utiliza la conocida campana de Gauss para observar la asimetría en un conjunto de datos respecto a la media. Si el 95% de los valores dentro del gráfico de Gauss se ubica dentro de  $\pm 1.96$ , todo aquel que posea 05% se encontrara fuera del rango.

### 2.8.5. Aspectos Éticos

Los materiales por usarse en la presente investigación son de procedencia genuina y seleccionados de tal manera que serán evaluados de forma independiente y van acorde a lo establecido en las fichas técnicas de cada material.

La presente investigación cumple con el código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú en el artículo II, usando las normas técnicas referidas actualizadas y vigentes debidamente citadas y referenciadas.

A partir de lo anteriormente mencionado los ensayos y las pruebas proveerán características físicas y mecánicas veraces de acuerdo con el comportamiento de los materiales y resultado obtenidos, así mismo se verifican, se validan los equipos de la universidad privada del norte en el laboratorio de tecnología del concreto debidamente supervisado por el encargado del laboratorio.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Ensayos de Caracterización de Materiales

##### 3.1.1. Ensayos de Caracterización de Agregado Fino

##### 3.1.1.1. Ensayo de Análisis Granulométrico

De acuerdo con lo propuesto por la norma técnica NTP 400.012 y al presente documento en la sección de metodología, se procedió a realizar el ensayo en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Lima Centro.

Se realizó la toma de la muestra M1 mediante el procedimiento de muestra representativa bajo el método de cuarteo, obteniendo un peso de 664.55 gr, siguiente a ello se procedió a realizar el tamizaje mediante los tamices ASTM 3/8, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200 respectivamente respetando el tiempo de 1 minuto como mínimo por tamiz como se puede observar en el registro fotográfico del presente ensayo en el Anexo N°3 y en la ficha de registro firmada por el supervisor del laboratorio en el Anexo N°4, obteniendo los siguientes resultados que se estructuran en la Tabla Nro. 25.

Tabla Nro. 25

*Resultado de ensayo de Análisis Granulométrico*

Material:	Agregado - Arena Gruesa	Fecha:
Ref:	NTP 400.012	Laboratorio: UPN, LC

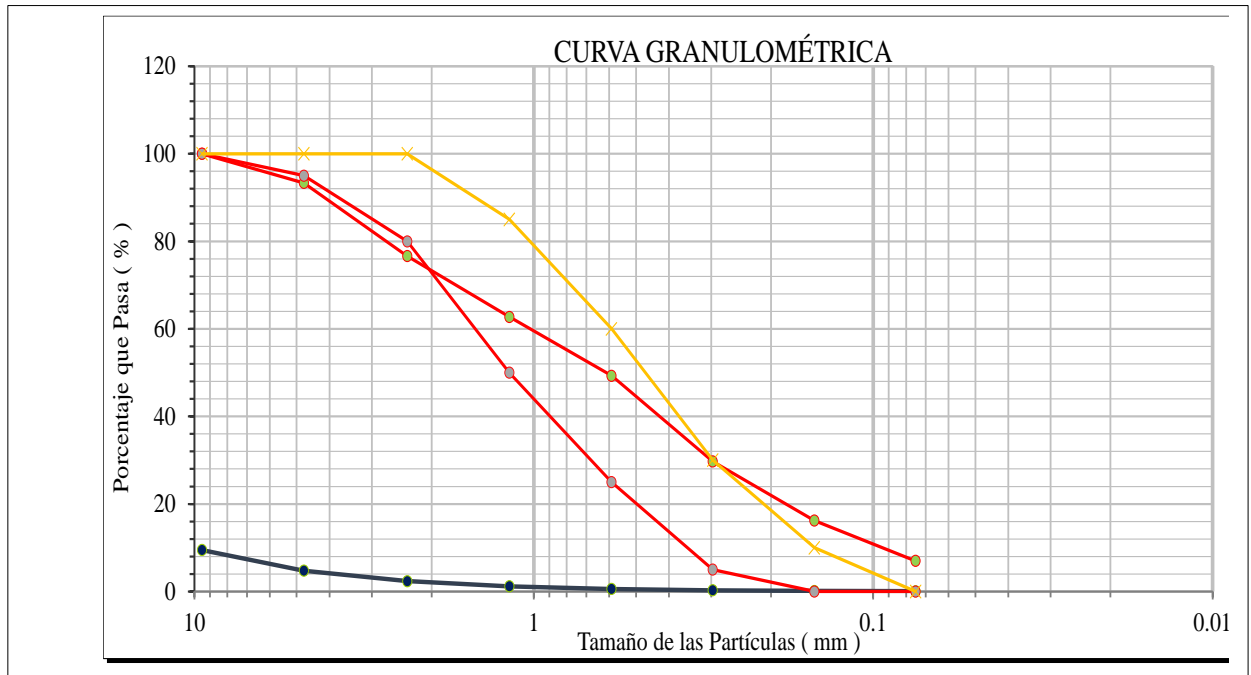
#### ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido		% Pasa	HUSO	
			Parcial	Acumulado		INFERIOR	SUPERIOR
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
4	4.760	44.39	6.68	6.68	93.32	95.00	100.00
8	2.360	111.00	16.70	23.38	76.62	80.00	100.00
16	1.100	92.37	13.90	37.28	62.72	50.00	85.00
30	0.590	89.19	13.42	50.70	49.30	25.00	60.00
50	0.297	130.10	19.58	70.28	29.72	5.00	30.00

100	0.149	89.79	13.51	83.79	16.21	0.00	10.00
200	0.075	61.11	9.20	92.99	7.01	0.00	0.00
Fondo	----	46.60	7.01	100.00	0.00		

<b>TOTAL</b>	<b>664.55</b>				<b>Módulo de Fineza</b>	<b>2.72</b>
--------------	---------------	--	--	--	-----------------------------	-------------

Fuente: Elaboración propia.  
Autoría: Elaboración propia.



Para realizar el cálculo del módulo de fineza se aplica la siguiente formula:

$$MF = \frac{\sum \% \text{Retenido acumulado}(3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Reemplazando los datos de la Tabla N°23 en la formula anterior, tendríamos:

$$MF = \frac{6.68 + 23.38 + 37.28 + 50.70 + 70.28 + 83.79}{100}$$

$$MF = 2.72$$

Se obtuvo como resultado final del ensayo que el TMN de la muestra es de 3/8" y su Modulo de Fineza es de 2.72.

### 3.1.1.2. Ensayo de Contenido de Humedad

El presente ensayo se realizó en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte en su sede Lima Centro.

Se selecciono 3 bowls de trabajo para las muestras M1, M2 y M3 con pesos 171.50, 176.69 y 128.12 respectivamente.

Se tomo como 3 muestras mediante el procedimiento de cuarteo para obtener muestras representativas designándolas M1, M2 y M3 con pesos naturales de 713.61, 788.91 y 822.68 incluyendo el peso de sus bowls respectivos.

Se llevo las muestras al horno durante 24h a 110°C y posterior a eso se registró su peso, como se podrá observar en el registro fotográfico (Anexo N°5) y la ficha de registro firmado por el supervisor del laboratorio (Anexo N°6).

Con estos datos se calculó el contenido de humedad de cada uno de ellos y se obtuvo un promedio aritmético de 1.51% de contenido de humedad tal como se puede ver expresado en la tabla Nro. 26.

Tabla Nro. 26

*Resultado de Ensayo de Contenido de Humedad de Agregados*

Material: Agregado - Arena Gruesa		Fecha:				
Ref: NTP 339.185	Laboratorio: Concreto UPN-LC					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO						
Muestra	Peso de bandeja (gr) (1)	Peso de bandeja +muestra natural (gr) (2)	Pesa de bandeja +muestra seca (gr) (3)	Peso de la muestra natural (A) (2-1)	Peso de la muestra seca (B) (3-1)	Humedad (% W)
M1	171.5	713.61	705.62	542.11	534.12	1.50
M2	176.69	788.91	779.79	612.22	603.1	1.51
M3	128.12	822.68	812.27	694.56	684.15	1.52
Promedio						1.51

Fuente: Elaboración propia.  
Autoría: Elaboración propia.



### 3.1.1.3. Ensayo de Peso Unitario Suelto

La elaboración del presente ensayo se realizó acorde a la sección de metodología y la NTP 400.017(2011).

Se inicio con seleccionar el recipiente normado tomando su peso y su volumen normado los cuales fueron 1584.91gr y 2847cm<sup>3</sup>.

Se procedió a colmar el recipiente con una muestra de material hasta colmarlo y se enraso con una varilla lisa de acero sin hacer golpes, punzadas y/o vibraciones, inmediatamente se registró el peso de 6207gr del recipiente más la muestra cómo se podrá ver en el registro fotográfico (Anexo N°7) y la ficha firmada por el supervisor del laboratorio (Anexo N°8).

Se obtuvo el resultado 1623.49 como Peso Unitario Suelto del material.

Tabla Nro. 27

#### *Resultado de Ensayo de Peso Unitario Suelto de Agregados*

Material:	Agregado - Arena Gruesa	Fecha:		
Ref:	NTP 400.017	Laboratorio:	UPN LC	
<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO</b>				
Muestra	Volumen de molde (cm <sup>3</sup> /L) (A)	Peso del molde vacío (gr) (B)	Pesa de molde + muestra (gr) (C)	P.U.S. (C -B / A)
M1	2.847	1584.91	6207	1623.49

Fuente: Elaboración propia.

Autoría: Elaboración propia.

### 3.1.1.4. Ensayo de Peso específico y Absorción

Se realizo en base a la NTP 400.022 y el paso a paso detallado en la sección de metodología del presente documento.

Se escogió una muestra mediante el método de cuarteo para así asegurar que sea una muestra representativa, la cual diseño M1 la cual fue saturada durante 24h y luego de ello secado mediante una estufa, hasta poder observar una apariencia visualmente seca e inmediatamente se registra el peso.

Se procede a enviarla a una bandeja en la cual la muestra M1 se cuartea con el fin de realizar la prueba del cono invertida, respetando el llenado en tres etapas con 25 golpes a caída y se procede a retirar el cono y solo cayéndose la tercera parte del cono, por lo cual se puede asegurar según la NTP que esta en su estado de saturada superficialmente seca.

Se procede a llenar la fiola con agua hasta que la panza del menisco se encuentre al ras de la marca y se registra su peso.

Una vez realizado lo anterior descrito, se retira el 70% del agua de la fiola y se inserta una muestra de 500gr dentro de la fiola y se rellena de agua, esta se rueda sobre una superficie lisa y suave, luego se espera 45 minutos hasta que termine de salir las burbujas de aire y se registró el peso.

La muestra de la fiola saturada, se procedió en dejarla durante 24h en un horno y se tomó su peso, como se puede observar en el registro fotográfico (Anexo N°9) y la ficha firmada por el supervisor del laboratorio (Anexo N°10).

Tabla Nro. 28

*Resultado de Ensayo de Peso Específico y Absorción*

Material:	Agregado - Arena Gruesa	Fecha:	
Ref:	NTP 400.022	Laboratorio:	UPN, LC

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION**

Muestra	Peso seco (gr)	Peso de la fiola + agua (gr)	Peso de la fiola + agua + muestra (gr)	Peso de la muestra saturada (gr)	Densidad Seca (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Saturada Superficialmente Seca (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Aparente Kg/m <sup>3</sup> )	Absorción (%)
	A	B	C	S				
M1	701.57	670.61	986.14	715.56	1.75	1.79	1.82	1.99

Fuente: Elaboración propia.

Autoría: Elaboración propia.

### 3.1.2. Ensayos de Caracterización de Aluminato de Estroncio

#### 3.1.2.1. Ensayo de Contenido de Humedad

Se selecciono 1 bowl de trabajo para las muestras M1, M2 y M3 con el peso de 91.67gr y se lleno con el material natural obteniendo pesos de 168.25gr, 166.27gr y 164.27gr respectivamente.

Se llevo estas muestras al horno por 24h a una temperatura de 110°C y luego de ello se tomo sus pesos secos y se obtuvo 167.97, 165.99 y 164.00, obteniendo así con estos resultados el contenido de humedad para las muestra M1, M2 y M3 de 0.37%, 0.37% y 0.38% respectivamente obteniendo una media aritmética de 0.37% de contenido de humedad como se podrá observar en el registro fotográfico (Anexo N°11) y la ficha de registro firmado por el supervisor del laboratorio (Anexo N°12) y en la siguiente tabla.

Tabla Nro. 29

#### *Resultado de Contenido de Humedad*

Material:	Adicion - Aluminato de estroncio			Fecha:		
Ref:	NTP 339.185			Laboratorio:	Concreto UPN-LC	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL ALUMINATO DE ESTRONCIO</b>						
Muestra	Peso de bandeja (gr) (1)	Peso de bandeja +muestra natural (gr) (2)	Pesa de bandeja +muestra seca (gr) (3)	Peso de la muestra natural (A) (2-1)	Peso de la muestra seca (B) (3-1)	Humedad (%W)
M1	91.67	168.25	167.97	76.58	76.3	0.37
M2	91.67	166.27	165.99	74.6	74.32329513	0.37
M3	91.67	164.27	164.00	72.6	72.32662351	0.38
					<b>Promedio</b>	<b>0.37</b>

Fuente: Elaboración propia.

Autoría: Elaboración propia.

### 3.1.2.2. Ensayo de Luminiscencia en Estado de Laboratorio

El presente ensayo se realizo en el Laboratorio de física y química de la Universidad Privada del Norte en su sede Lima centro, acorde a la Normativa española UNE 23035, la cual hace referencia a señalización fotoluminiscente y sus parámetros mínimos.

Se realizo la selección de tres muestras designada M1,M2 y M3 de aluminato de estroncio con un diámetro de 90mm y una altura de 10mm, las cuales fueron descargada en una caja negra sin filtraciones de luz durante 5 minutos, posterior a esto se llevaron las muestras para una estimulación bajo una lampara de 1000 lúmenes a una distancia de 40cm de distancia.

Luego, se procedió a colocar cada una de las muestras en la caja negra donde tenia el orificio exacto para la introducción del cabezal detector de luz a una altura de 40mm de la muestra y se procedió a realizar la toma de datos en el logger pro, según se puedo visualizar en el registro fotográfico (Anexo N°13) y en el registro firmado por el supervisor del laboratorio (Anexo N°14).

Tabla Nro. 30

*Resultado de Iluminancia en condiciones de laboratorio del aluminato de estroncio*

Material:	Aluminato de estroncio		Fecha:
Ref:	UNE 23035-3	Laboratorio:	Fisica - UPN LC
<b>ILUMINANCIA EN CONDICIONES DE LABORATORIO</b>			
Tiempo (s)	M-1 (lux)	M-2 (lux)	M-3 (lux)
0	18.86	12.70	16.2
20	15.83	8.20	10.55
40	12.22	7.50	9.28
60	9.25	7.10	8.35
80	7.47	6.84	8.28
100	7.00	6.25	8.05
120	6.81	5.99	7.62
140	6.55	5.32	7.15
160	5.97	5.32	7.05
180	5.83	5.32	6.88

200	5.66	5.32	6.25
220	5.32	5.32	5.95
240	5.32	5.32	5.45
260	5.32	5.32	5.32
280	5.32	5.32	5.32
300	5.32	5.32	5.32
320	5.32	5.32	5.32
340	5.32	5.32	5.32
360	5.32	5.32	5.32
380	5.32	5.32	5.32
400	5.32	5.32	5.32
420	5.32	5.32	5.32
440	5.32	5.32	5.32
460	5.32	5.32	5.32
480	5.32	5.32	5.32
500	5.32	5.32	5.32
520	5.32	5.32	5.32
540	5.32	5.32	5.32
560	5.32	5.32	5.32
580	5.32	5.32	5.32
600	5.32	5.32	5.32
E:Ultima Toma (lux)	5.32	5.32	5.32
R (Radio de muestra en mm)	45.00	45.00	45.00
r (altura de toma en mm)	50.00	50.00	50.00

Fuente: Elaboración propia.  
Autoría: Elaboración propia.

Luego de ello, se procedió a realizar los cálculos según lo estipulado en la siguiente formulas en la Tabla Nro.31.

$$L = \frac{E}{\Omega p}$$

Donde:

L: Luminiscencia en cd/cm<sup>2</sup>

E: Ultima toma en lux

$\Omega p$ : Angulo solido proyectado sobre la muestra, donde:

$$\Omega p = \pi \left(1 + \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)^{-1} * \Omega_b$$

Donde:

$\Omega_o$ : Angulo solido unitario en grados = 57.29577

R: Radio de la muestra en mm.

r: Distancia del cabezal de la entrada de luz y la sección en análisis en mm.

Tabla Nro. 31

*Resultado de calculo de Iluminancia*

Datos	M1	M2	M3
E:Ultima Toma (lux)	5.32	5.32	5.32
R (Radio de muestra en mm)	45.00	45.00	45.00
r (altura de toma en mm)	50.00	50.00	50.00
$\Omega_o$	57.30	57.30	57.30
$\Omega_p$	80.55	80.55	80.55
L (mcd/m <sup>2</sup> )	66.05	66.05	66.05

Fuente: Elaboración propia.

Autoría: Elaboración propia.

De acuerdo a los cálculos, las muestras M1,M2 y M3 poseen una iluminancia de 66.05mcd/cm<sup>2</sup> y la norma UNE 23035-1 estipula que la iluminancia mínima a los 10 minutos debe ser mayo a 60mcd/cm<sup>2</sup>, por lo cual el aluminato de estroncio si se encuentra dentro del rango permisible.

### 3.2. Diseño de Mezcla

La resistencia a la compresión mínima de los adoquines de concreto según la NTP 399.611 y se expresan en la Tabla N°32.

Tabla Nro. 32

*Espesor Nominal y resistencia a la compresión*

Tipo	Espesor Nominal (mm)	Resistencia a la compresión mín. MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	
		Promedio de 3 unidades	Unidad Individual
I (peatonal)	40	31(320)	28(290)
	60	31(320)	28(290)
II (Vehicular ligero)	60	41(420)	37(380)
	80	37(380)	33(340)
	100	35(360)	32(325)

III (Vehicular pesado, patios industriales, etc.)	≥80	55(561)	50(510)
--	-----	---------	---------

Fuente: NTP 399.611

Autoría: NTP 399.611

La superficie de rodadura de una ciclovía según la norma CE030 son los adoquines Tipo I, por ello se determina que el  $f'c=290\text{kg/cm}^2$ , según la tabla Nro.10 la resistencia a la compresión requerida ( $f'cr$ ) se halla de la siguiente manera.

$$F'cr = f'c + 84$$

$$F'cr = 290 + 84$$

$$F'cr = 374\text{Kg/cm}^2$$

De acuerdo con los ensayos de caracterización de los materiales visto en el presente capítulo, se elabora la tabla N°33 resumiendo dichos resultados y con ellos proceder con la elaboración del diseño de mezcla correspondiente para la elaboración de adoquines de concreto y posteriormente asignarles los porcentajes de aluminato de estroncio.

Tabla Nro. 33

*Características físicas de agregados*

Ensayo	Agregado Fino	Agregado Grueso
MF	2.72	
TM		1/2"
TMN		3/8"
% Humedad	1.51	1.50
% Absorción	1.99	1.99
PeM (Kg/m <sup>3</sup> )	1750	2610
PUCS		1620

Fuente: Elaboración propia

Autoría: Elaboración propia

En la tabla N°34 se exponen las características físicas del cemento blanco "Huascarán" según la ficha técnica VNT-HT-001 de la empresa COMACSA.

Tabla Nro. 34

*Características físicas de Cemento Blanco "Huascarán"*

Característica	Resultado
Pe (gr/cm <sup>3</sup> )	3.150
Tipo de cemento	Portland Tipo 1
Resistencias	
3 días	185-263
7 días	254-339
28 días	435-504

Fuente: COMACSA, Ficha Técnica VNT-HT-001

Autoría: Elaboración propia

Se realizó el diseño de mezcla a partir de los datos expresados en las fichas técnicas de los materiales y la presente caracterización de materiales para la elaboración de los adoquines de concreto con adición de aluminato de estroncio.

En la tabla N°35 se exponen los datos necesarios para el diseño de mezcla para adoquines de concreto.

Tabla Nro. 35

*Datos para la elaboración del diseño de mezcla*

Propiedades Físicas	Información
F'cr	404 Kg/cm <sup>2</sup>
Cemento Blanco "Huascarán"	
Tipo de cemento	Portland Tipo 1
P.E	3.150 gr/cm <sup>3</sup>
Agregado Fino	
% Humedad	1.51
% Absorción	1.99
MF	2.72
PeM (Kg/m <sup>3</sup> )	1750
Agregado Grueso	
% Humedad	1.50
% Absorción	1.87
Tamaño Máximo (TM)	1/2"
Tamaño Nominal Máximo (TNM)	3/8"
PUS	1620

Fuente: Elaboración propia.



Autoría: Elaboración propia.

Se procede a determinar el slump según la tabla N°11 para una estructura de pavimentos, obteniendo un Slump de 3”.

Luego se determina el volumen de agua (lt/m<sup>3</sup>) según el TNM (expresado en tabla N°28) acorde a la tabla N° 12 y el porcentaje de aire atrapado según el TNM acorde a la tabla N°13, obteniendo un volumen de 205lt/m<sup>3</sup> y un aire atrapado de 2.0%.

De acorde la tabla N°14 se determina la proporción de agua/cemento teniendo que interpolar de acuerdo a la resistencia a la compresión requerida como se expresa a continuación en la tabla N°36.

Tabla Nro. 36

*Interpolación de relación agua/cemento*

F´cr	Resultado
350	0.48
378	X = 0.452
400	0.43

Fuente: Elaboración propia

Autoría: Elaboración propia

Se procede a realizar el cálculo del peso del cemento (factor cemento FC) según se detalla líneas abajo determinando que el peso del cemento es de 481.22Kg/m<sup>3</sup>.

$$FC = \frac{\text{Volumen de Agua por m}^3}{\text{agua/cemento}} = \frac{205}{0.452} = 453.54 \text{ Kg/m}^3$$

De acorde a la Tabla N°15, se determina el volumen del agregado grueso por unidad de volumen del concreto según el módulo de fineza, al no expresarse el valor exacto en la tabla antes detallada se procede a realizar una interpolación del valor tal como se detalla en la tabla N°37.

Tabla Nro. 37

*Interpolación de volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto*

MF	Resultado
2.60	0.64
2.72	X = 0.646
2.80	0.62

Fuente: Elaboración propia  
 Autoría: Elaboración propia

Una vez determinado el valor del volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto, se procede a multiplicarlo por el peso unitario compactado seco (PUCS), obteniendo un peso del agregado grueso de 1046.52kg/m<sup>3</sup>.

$$FC = 0.646 * 1620 = 1046.52Kg/m^3$$

Una vez obtenido los pesos de los materiales como el agua, cemento y agregado grueso se realiza el cálculo de los volúmenes absolutos como se expone en la tabla N°38.

Tabla N°38

*Calculo de volumen de material*

Item	Material	Volumen Absoluto (m3)	Observaciones
(a)	Cemento	0.153	(FC)/(P.Ex1000)
(b)	Agregado Grueso	0.386	(PAG)/PeM
(c)	Agua	0.205	(205)/(1000)
(d)	Aire	0.020	(2)/(100)
(e)	Sumatoria Parcial de volúmenes de materiales	0.764	(a)+(b)+(c)+(d)
(d)	Agregado Fino	0.236	1 - (e)

Fuente: ACI 211.1

Autoría: Elaboración propia

Una vez determinado el volumen del agregado fino, se procede a la multiplicación con su peso específico en masa (PeM) como se puede apreciar líneas abajo, para obtener el peso seco de agregado fino dando el resultado de 413Kg/m<sup>3</sup>.

$$Peso Seco Agregado Fino = 0.236 * 1750 = 413Kg/m^3$$

Inmediatamente se procede realizar la corrección por humedad en los agregados finos y gruesos, tal como se exponen en la tabla N°39.

Tabla N°39

*Corrección por Humedad de Agregados*

Material	%Humedad	Peso Seco (kg)	Peso Corregido (Kg)	Observación
Agregado Grueso	1.51	1046.52	1062.32	Peso Seco * ((%Humedad/100)+1)
Agregado Fino	1.50	413	419.195	

Fuente: ACI 211.1

Autoría: Elaboración propia

Una vez hallado los pesos corregidos, se procede a calcular el aporte de agua que brindan los agregados finos y gruesos según se detalla en la tabla N°40.

Tabla N°40

*Aporte de agua de agregados*

Material	% Humedad	% Absorción	Peso Corregido (Kg)	Aporte de agua (Lt)
Agregado Grueso	1.51	1.99	1062.32	-5.099
Agregado Fino	1.50	1.99	419.195	-2.054
Aporte de agua total de los agregados				-7.153

Fuente: ACI 211.1

Autoría: Elaboración propia

En la tabla N°41 se detalla la cantidad de material necesario para la elaboración de 1m3 de concreto sin la adición del aluminato de estroncio.

Tabla N°41

*Material Necesario para 1m3 de concreto*

Material	Peso (Kg/m3)	Observaciones
Cemento	481.220	
Agregado Grueso	1062.32	
Agua	212.153	(0.205)-(Aporte total de agua por agregados)
Agregado Fino	419.195	

Fuente: ACI 211.1

Autoría: Elaboración propia

### 3.3. Dosificación de Materiales

La dosificación de la mezcla con adición de aluminato de estroncio independiente de la relación adición/cemento se encontrará condicionado al 50% de la mezcla total, siendo está dispuesta en la primera capa de armado de los testigos/adoquines, buscando así la reducción de los costos de producción de estos. De acuerdo con lo mencionado anteriormente la dosificación propuesta para 1m3 de concreto se detalla en la tabla N°42.

Tabla N°42

*Material Necesario para 1m3 de concreto*

Material	Peso (Kg/m3) al 0%
Aluminato de Estroncio	0
Cemento	481.22
Agregado Grueso	1062.32

Agua	218.08
Agregado Fino	419.195

Fuente: Elaboración propia

Autoría: Elaboración propia

Según se menciona en el capítulo de metodología, el cálculo de la muestra determino que serán necesarios 3 adoquines y 3 testigos de concreto como mínimo, teniendo como referencia el muestreo propuesto por las normas técnicas NTP 339.604 y UNE 23035 para una población determinada.

### 3.3.1. Dosificación para Testigos cilíndricos

Según Grijalva y Laines (2016), la dosificación óptima de aluminato de estroncio es del 30% en peso con respecto al material cementoso, ya que ahí cumple con una distribución uniforme en la superficie del concreto.

Si bien autores proponen el uso adecuado de una relación adición/cemento, en la presente investigación se realizara el muestreo de 4 diferentes relación adición/cemento siendo estas 5%,15%,30% y 50%, las cuales serán sometidas a la prueba de luminancia en condiciones de laboratorio y así determinar el aporte de nuevas propiedades fotoluminiscentes.

Para la elaboración de 1 testigo cilíndrico de concreto de diámetro de 8cm y altura de 6cm de alto, se define mediante el uso de una ecuación simple de cálculo de volumen un uso de 0.00030144 m<sup>3</sup> de concreto de los cuales 50% se elaborara de manera simple y el 50% restante se elaborará con una adición en porcentaje del material cementoso, por ello en la tabla N°40 se detalla la cantidad de material necesaria para 0.00015072m<sup>3</sup> según sus respectivas relaciones adición/cemento.

Tabla N°43

*Material Necesario para 0.00015072m<sup>3</sup> de concreto*

Material	Peso (gr) al 0%	Peso (gr) al 5%	Peso (gr) al 15%	Peso (gr) al 30%	Peso (gr) al 50%
Aluminato de Estroncio	0 gr	3.63 gr	10.88 gr	21.76 gr	36.27 gr
Cemento	72.53 gr	72.53 gr	72.53 gr	72.53 gr	72.53 gr

Agregado Grueso	160.11 gr	160.11 gr	160.11 gr	160.11 gr	160.11 gr
Agua	32.87 ml	32.87 ml	32.87 ml	32.87 ml	32.87 ml
Agregado Fino	63.18 gr	63.18 gr	63.18 gr	63.18 gr	63.18 gr

Fuente: Elaboración propia

Autoría: Elaboración propia

Para la elaboración de los 3 adoquines de concreto de dimensiones de 0.10x0.20x0.06 se define un uso de 0.0036 m<sup>3</sup> de concreto de concreto de los cuales 50% se elaborara de manera simple y el 50% restante se elaborará con una adición del 30% del material cementoso, por ello en la tabla N°44 se detalla la cantidad de material necesaria para 0.0018m<sup>3</sup> al 0% y 30% de adición.

Tabla N°44

*Material Necesario para la elaboración de los 3 adoquines de muestra*

Material	Pesos para 0.0018m <sup>3</sup> (0%)	Pesos para 0.0018m <sup>3</sup> (30%)
Aluminato de Estroncio	0	260.02 gr
Cemento	866.20 gr	866.20 gr
Agregado Grueso	1912.18 gr	1912.18 gr
Agua	392.54 ml	392.54 ml
Agregado Fino	754.55 gr	754.55 gr

Fuente: Elaboración propia

Autoría: Elaboración propia

### 3.4. Elaboración de adoquines y testigos cilíndricos

Según la norma UNE 23035-1, la luminiscencia a los 10 minutos debe ser mayor a los 40mcd/m<sup>2</sup> para ser considerado otro material fotoluminiscente y según la NTP 399.064 la muestra mínima a caracterizar es de 3 unidades de adoquines.

Por ello, se elaborarán 4 testigos cilíndrico con un diámetro de 70mm y una altura de 60mm con diferente dosificación según la tabla Nro.43 y 3 adoquines de concreto dispuesto en 2 capas; en la primera colocando una mezcla simple sin el aluminato de estroncio y luego en la capa superior la mezcla con la adición según la tabla Nro. 44.

Se procedió pesando los materiales según la Tabla Nro. 43 y Tabla Nro.44, en un balde se procedió a mezclar los secos ( agregados y cemento) , luego de ello se agrego el aluminato de estroncio según su dosificación y posterior a ello teniendo una mezcla seca homogénea se agrega el agua según su diseño.

Se procedió a colocar el desmoldante en los moldes cilíndricos y rectangulares y a llenar en 3 capas y aplicando 25 varilladas en capa una de ella, como se podrá observar en el registro fotográfico (Anexo N°15)

Luego de 24h de secado, se procede con el desmoldaje/desencofrado y llevándolos a la poza de curado durante 7 días, acorde a lo estipulado de la Norma y proceder con ellos los ensayos posteriores.

### **3.5. Ensayos a Adoquines de concreto con Aluminato de Estroncio**

#### **3.5.1. Ensayo de Luminiscencia en Estado de Laboratorio**

El presente ensayo se realizo en el laboratorio de física y química de la Universidad privada del norte en la sede de Lima centro de acuerdo a la norma española UNE 23035-1.

Se elaboraron 4 muestras con diferente dosificación de aluminato de estroncio y fueron designadas M1, M2, M3 y M4 con una dosificación de aluminato de estroncio en relación al cemento de 5%, 15%, 30% y 50% respectivamente con un diámetro de 70mm y una altura de 60mm, las cuales fueron descargada en una caja negra sin filtraciones de luz durante 5 minutos, posterior a esto se llevaron las muestras para una estimulación bajo una lampara de 1000 lúmenes a una distancia de 40cm de distancia.

Luego, se procedió a colocar cada una de las muestras en la caja negra donde tenía el orificio exacto para la introducción del cabezal detector de luz a una altura de 40mm de la muestra y se procedió a realizar la toma de datos en el logger pro, según se puede visualizar en el registro fotográfico (Anexo N°16) y en el registro firmado por el supervisor del laboratorio (Anexo N°17).

Tabla N°45

*Resultado de iluminancia de testigos de concreto en condiciones de laboratorio*

Material:	Testigos de concreto		Fecha:	
Edad:	UNE 23035-3		Laboratorio:	UPN-LC
ILUMINANCIA DE TESTIGOS DE CONCRETO EN CONDICIONES DE LABORATORIO				
	M-1	M-2	M-3	M-4
	5%	15%	30%	50%
Tiempo (s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	1.52	3.2	6.68	7.45
20	0.58	1.2	5.84	5.42
40	0.35	1.1	5.22	5.13
60	0.33	0.87	4.57	4.38
80	0.32	0.87	4.19	4.39
100	0.32	0.87	3.47	4.25
120	0.32	0.87	3.24	3.89
140	0.32	0.87	2.91	3.44
160	0.32	0.84	2.82	3.13
180	0.32	0.84	2.75	3.08
200	0.32	0.84	2.75	3
220	0.32	0.83	2.75	2.84
240	0.32	0.84	2.73	2.83
260	0.32	0.84	2.75	2.85
280	0.32	0.81	2.75	2.83
300	0.32	0.84	2.75	2.84
320	0.32	0.84	2.75	2.83
340	0.32	0.84	2.72	2.83
360	0.32	0.81	2.7	2.83
380	0.32	0.81	2.72	2.83
400	0.32	0.82	2.72	2.85
420	0.32	0.81	2.72	2.86
440	0.32	0.8	2.7	2.81
460	0.32	0.81	2.71	2.78
480	0.32	0.81	2.72	2.79
500	0.32	0.82	2.72	2.77
520	0.32	0.81	2.7	2.77

540	0.32	0.83	2.72	2.78
560	0.32	0.81	2.72	2.78
580	0.32	0.8	2.72	2.76
600	0.32	0.8	2.71	2.78
E:Ultima Toma (lux)	0.32	0.80	2.71	2.78
R (Radio de muestra en mm)	35.30	34.98	34.98	36.81
r (altura de toma en mm)	50.00	50.00	50.00	50.00

Fuente: Elaboración propia.  
Autoría: Elaboración propia.

Luego de ello, se procedió a realizar los cálculos según lo estipulado en la siguiente formulas en la Tabla Nro.31.

$$L = \frac{E}{\Omega p}$$

Donde:

L: Luminiscencia en cd/cm<sup>2</sup>

E: Ultima toma en lux

$\Omega p$ : Angulo solido proyectado sobre la muestra, donde:

$$\Omega p = \pi \left(1 + \left(\frac{r}{R}\right)^2\right)^{-1} * \Omega_0$$

Donde:

$\Omega_0$ : Angulo solido unitario en grados = 57.29577

R: Radio de la muestra en mm.

r: Distancia del cabezal de la entrada de luz y la sección en análisis en mm.

Tabla Nro. 46

*Resultado de cálculo de Iluminancia en testigos de concreto con aluminato de estroncio*

Datos	M1 (5%)	M2 (15%)	M3 (30%)	M4 (50%)
E: Ultima Toma (lux)	0.32	0.80	2.71	2.78
R (Radio de muestra en mm)	35.30	34.98	34.98	36.81
r (altura de toma en mm)	50.00	50.00	50.00	50.00
$\Omega_0$	57.30	57.30	57.30	57.30
$\Omega p$	59.87	59.15	59.15	63.26





Según la NTP 399.064, la absorción máxima aceptada es del 4.0%, sin embargo la media aritmética de la absorción de las muestras fue de 1.6%, por cual cumplen los parámetros establecidos.

### 3.5.3. Ensayo de medición y dimensiones

El presente ensayo se realizó bajo lo estipulado en la NTP 399.064 y la sección de metodología del presente documento.

Se procedió a colocar las muestras M1, M2 y M3 en una superficie lisa y libre de impurezas y luego de ello, se tomó las medidas según se puede observar en el registro fotográfico (Anexo N°20) y el registro firmado por el supervisor del laboratorio (Anexo N°21).

Tabla Nro. 48

*Resultado de variación de medidas de adoquines de concreto con aluminato de estroncio*

Material:	Adoquines al 30%	Fecha:		
Ref:	NTP 399.611	Laboratorio:	Concreto -UPN LC	
ENSAYO DE TOLERANCIA DE DIMENSIONES DE ADOQUINES				
Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	
M1	9.928	19.638	6.116	
	9.972	19.622	6.322	
M2	9.937	19.832	6.052	
	9.938	19.815	6.023	
M3	10.070	19.159	6.187	
	10.004	19.192	6.112	
Promedio (cm)	9.975	19.543	6.135	
Diseño (cm)	10	20	6	
Varianza (+/- cm)	0.025	0.457	0.135	

Fuente: Elaboración propia.

Autoría: Elaboración propia.

Según la NTP 399.064, la variación máxima admisible es de +/- 1.6cm, sin embargo la media aritmética las medidas tomadas restadas con las medidas de diseño no sobrepasan el valor del +/- 1.6cm, por lo cual se afirma estar dentro de los parámetros normados.

### 3.5.4. Ensayo de Resistencia a la compresión

El presente ensayo se realizó bajo la NTP 399.064 en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte en su sede de Lima centro.

Se selecciono 3 adoquines de concreto con adición de aluminato de estroncio al 30% en relación al peso del cemento, se procedió a curar las muestras M1, M2 y M3 por 7 días, posterior a ello se dejo secando al ambiente por 24h y luego se llevaron a la prensa a sus respectivas edades de 4, 7 y 14 días, según podemos observar en el registro fotográfico (Anexo N°21) y el registro firmado por el supervisor del laboratorio (Anexo N°22).

Tabla Nro. 49

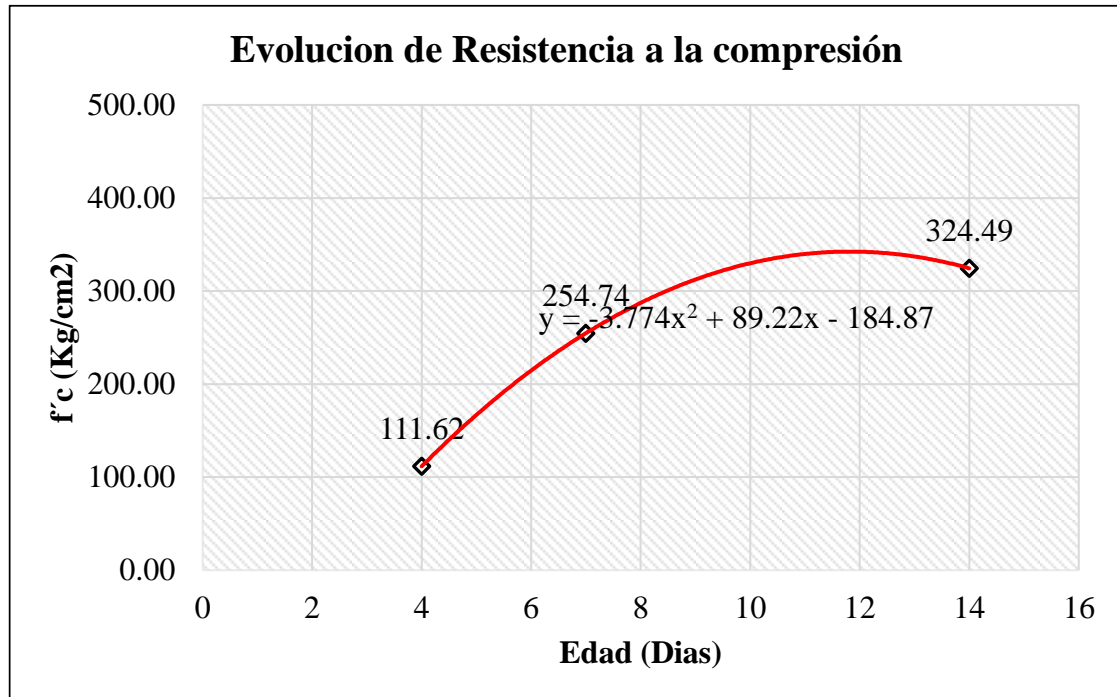
*Resultado de Resistencia a la compresión en adoquines de concreto con aluminato de estroncio*

Material:	Adoquines de Concreto al 30% de Adicion			Fecha:		
Ref:				Laboratorio:	UPN, LC	
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>						
Muestra	Edad (días)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	P (Kg)	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )
M1	4	9.928	19.622	153.910	17180	111.62
M2	7	9.937	19.815	153.910	39207	254.74
M3	14	10.004	19.159	153.910	49943	324.49

Fuente: Elaboración propia.

Autoría: Elaboración propia.

Curva de evolución de la resistencia del concreto con roturas a los 4, 7 y 14 días y ecuación de tendencia



Según la NTP 399.064, la resistencia mínima a los 21 días debe tener como mínimo un  $f'c=320\text{kg/cm}^2$ , los adoquines ensayados con el 30% de aluminato de estroncio en relación a su peso de cemento a los 14 días, supero dicho parámetro con un  $f'c=324.49\text{kg/cm}^2$ , por lo cual se afirma estar dentro de los parámetros de calidad normados.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La presente investigación, concluye que la adición de aluminato de estroncio si cumple lo estipulado por la NTP 399.064 de calidad de elaboración de adoquines de concreto y la norma UNE 23035-1 de señalización fotoluminiscente a partir del 30% de adición de aluminato de estroncio en relación al cemento.

Se concluye que la adición del 5% y 15% de aluminato de estroncio en relación al peso del cemento en la mezcla no cumple con lo estipulado con la norma UNE 23035-1 y no da buenas propiedades fotoluminiscentes.

Se concluye que la adición del 30% y 50% de aluminato de estroncio en relación al peso del cemento en la mezcla cumple con lo estipulado con la norma UNE 23035-1, sin embargo la iluminancia del testigo con adición del 50% es menor que la del testigo con adición del 30%, por lo cual se determina que la proporción de 3 a 10 en relación aluminato con el cemento es la mas optima en costos y en adquisición de nuevas propiedades.

Los adoquines sometidos a las pruebas de calidad de la NTP 399.064 en la cual estipula que a los 21 dias como mínimo deben poseer un  $f'c=320\text{Kg/cm}^2$ , una variación de medida  $\pm 1.60\text{cm}$  y un porcentaje de absorcion no mayor al 4.0%, resultaron todos superar los parámetros mínimos; respecto a la resistencia a la compresión a los 14 dias el adoquín con adición del 30% de aluminato de estroncio posee un  $f'c=324.49\text{Kg/cm}^2$ ; Respecto a la variación de medidas la media aritmética menos las medidas de diseño no superan el rango permisible de  $\pm 1.60\text{cm}$ ; Respecto a la absorcion de los adoquines con adición de aluminato de estroncio poseen una media aritmética de 1.6% que esta por debajo de lo estipulado por la norma.

Debido a toda la información obtenida, se concluye que la adición del aluminato de estroncio al 30% en peso del cemento de mezcla brinda las mejores propiedades fotoluminiscentes cumpliendo con la Norma UNE 23035-1 y cumple los parámetros mínimos de calidad de la NTP 399.064.

Se define como limitación de ejecución del presente trabajo de investigación la coyuntura mundial presente en el momento del desarrollo debido al brote del virus COVID-19, por el motivo que no se pudieron realizar los ensayos pertinentes y la falta de implementación para poder evaluar la reducción de los accidentes en una zona específica.

Se define como limitación la falta de un marco normativo nacional referido a la señalización fotoluminiscente, es por ello que se realizó las verificaciones a base de la Norma Española UNE 23035.

Martí-Belda, Bosó, Lijarcio y López (2016) la mayoría de los accidentes relacionados con los ciclistas se dan a cabo debido a la falta de señalización o la falta de la misma. Luego de implementar un sistema de señalización, la tendencia de los accidentes presenta una disminución de la tasa de accidentabilidad en un 6%. (Tomaz, dos Santos, 2019).

Se concluye en base a los resultados recolectados de los artículos analizados que la aplicación de una adición de material alterno en la elaboración de un adoquín de concreto si modifica sus propiedades físicas y mecánicas, sin embargo estas modificaciones se encuentran dentro de los rangos permisibles por la NTP 339.064, al igual que la aplicación del aluminato de estroncio en una dosificación del treinta por ciento con respecto al peso del material cementante cumple con la normativa española (UNE 23035) y la Norma técnica peruana (NTP) 339.064.

Se puede concluir que el diseño de mezcla propuesta es óptimo debido al uso de métodos comprobados como es el método ACI comité 211.

Se puede concluir que los adoquines adicionados con aluminato de estroncio cumplen con la normativa vigente sobre especificaciones técnicas de los adoquines de concreto en el Perú.

En cuanto a las implicancias, para el desarrollo del presente trabajo de investigación se tuvo que acudir a la teoría prestada por las Normas técnicas peruanas, sobre el desarrollo de ensayos de caracterización de los agregados, elaboración de adoquines, muestreo, ensayos de resistencia a la compresión, ensayos de medición y ensayos de absorción de agua, también se tuvo que acudir a la teoría de normas extranjeras como es la Norma UNE 23035, sobre los procedimientos a seguir para obtener las mediciones de luminiscencia mínima para considerar a los adoquines como elementos de señalización fotoluminiscente.

Se puede discutir el ámbito de aplicación del presente nuevo material e insertarlo en sardineles delimitantes de veredas en ciudades rurales, ya que si bien cumple con la Norma UNE 23035-1, cuando existe luz externa no se puede apreciar el efecto de fotoluminiscencia, la aplicación de este nuevo material no sería muy óptimo para una ciclovia en Lima, debido a que es una ciudad con alto índice de iluminación pública.

## REFERENCIAS

Abdelbary, A., & Mohamed, A. R. (2018). Investigation abrasion resistance of interlocking blocks incorporating steel slag aggregate. *ACI Materials Journal*, 115(1), 47-54. doi:<http://dx.doi.org/10.14359/51700898>

Alemán García, F. F., & Cantos Cortez, S. F. (2016). Evaluación del diseño de pavimentos con adoquines de concreto en las parroquias pertenecientes a la administración zonal Quitumbe en el sur de Quito. Casos de estudio: calles pertenecientes a las parroquias Chillogallo y La Ecuatoriana (Bachelor's thesis, PUCE).

Arlucea Almeida, Á. (2016). Sistema electrónico textil para señalización ciclista mediante reconocimiento de gestos. Universidad de Sevilla, Sevilla.

Beas Bernuy, G., Pajuelo Amez, A., Pomez Montiel, A., & Erick Calderon Trinidad. (2015). Concreto de alto desempeño utilizando nanosilice. *Concreto al Día*, 04(15), 40-46. Recuperado en 21 de septiembre de 2019, de [https://www.concrete.org/portals/0/files/PDF/CI\\_2015-05\\_SkysTheLimit\\_Spanish.pdf](https://www.concrete.org/portals/0/files/PDF/CI_2015-05_SkysTheLimit_Spanish.pdf)

Campos Teixeira, A. H., Paulo Roberto Ribeiro, S. J., Silva, T. H., Richard, R. B., & Augusto Cesar da, S. B. (2020). Low-carbon concrete based on binary biomass Ash–Silica fume binder to produce eco-friendly paving blocks. *Materials*, 13(7), 1534. doi:<http://dx.doi.org/10.3390/ma13071534>

Cárdenas Trujillo, D. S., & Buitrago Barrera, H. N. (2018). Implementación de material fotoluminiscente en pavimentos para tránsito de bicicletas= implementation of photoluminiscent material in pavements for the transit of bikies (Bachelor's thesis, Universidad Piloto de Colombia).

Cassar, L., Pepe, C., Tognon, G., Guerrini, G., Cangiano, S., & Goisis, M. (2000). Cemento blanco para concreto de alto desempeño. *Industria Italiana del Cemento*.



Cruz Hernández, R. A., Pico Cortés, C. M., & Ludwing Pérez Bustos. (2015).

Durabilidad y acústica del concreto con escoria de cubilote como reemplazo del agregado fino. *Tecnura*, 19(43), 37-45. doi:

<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.1.a02>

Flor, M., Carpio, A., & Santamaría, J. (2018). Estudio de un compuesto cementante fotoluminiscente y su aplicación en la construcción. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(1), 62-70.

González, M., Alexandra, J., Cruz, M., & Luis, J. (2019). Influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y las propiedades mecánicas del concreto, Trujillo–2018.

Grijalva Fernández, F. G., & Laines Mangia, T. B. (2016). Diseño de morteros fotoluminiscentes aplicados de forma ornamental y señalización en caso de emergencia para edificaciones (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

Guzmán, M. (2016). SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ALUMINATOS DE ESTRONCIO DOPADOS CON Ce, Eu y Cr.

Hidalgo Laguna, D. E., & Poveda Calderón, R. A. (2013). Obtención de adoquines fabricados con vidrio reciclado como agregado (Bachelor's thesis, QUITO, 2013.).

Instituto Nacional de Estadística e información (INEI). (2016). análisis de accidentes de tránsito Ocurridos en el 2016.

Karolina, R., Syahrizal, Putra, M. A., & Nurdiansyah, B. (2018). Preliminary study of sinabung volcanic ash usage in the making of paving block type C and D. *Key Engineering Materials*, 765, 397-401.

doi:<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.765.397>

Luna, R. O., & Flores, E. (1994). Química del cemento: parte I. *Revista de Química*, 8(2), 207-214.

Martí-Belda Bertolín, A., Bosó Seguí, P., Lijarcio Cárcel, J. I., & López Osma, C. (2016, June). Análisis de la siniestralidad en ciclistas 2008-2013. In XII Congreso de ingeniería del transporte. 7, 8 y 9 de Junio, Valencia (España) (pp. 193-200). Editorial Universitat Politècnica de València.

Marqués, J. T., & Pereira, L. dos S. F. (2019). EFEITO DA IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS DE SINALIZAÇÃO PARA PREVENÇÃO DE ACIDENTES VIÁRIOS NA RODOVIA FEDERAL BR-153/TO. DESAFIOS - Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins, 6(2), 41-60.  
<https://doi.org/10.20873/uft.23593652201962p41>

Municipalidad de Lima, (2017). Manual de Normas Técnicas para la Construcción de Ciclovías y Guía De Circulación de Bicicletas, 2017. (P. Calderón, C. Pardo, & J. J. Arrué, Eds.). Municipalidad de Lima.

NORMA CE.030. (2014). Construcción especiales y complementarias Lima, Perú: SENCICO.

NORMA E.060. (2009). Concreto Armado. Lima, Perú: SENCICO.

NTP. (2013). 339.185. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2001).400.012. AGREGADOS: análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2002). 339.604. UNIDADES DE ALBAÑILERIA: Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2005). 334.009 CEMENTOS: Cementos Portland. Requisitos. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2008). 334.082 CEMENTOS: Cementos Portland. Especificaciones de la performance. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2010). 339.611. UNIDADES DE ALBAÑILERIA: Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2011). 400.017 Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2013). 334.090 CEMENTOS: Cementos Portland adicionados. Requisitos. Lima, Perú: INACAL.

NTP. (2013). 400.0212 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima, Perú: INACAL.

Polania Lugo, D. C., & Arroyave Obando, A. Y. (2017). Alternativa luminiscente para señalización horizontal (Bachelor's thesis, Universidad Piloto de Colombia).

Project Management Institute (PMI). (2008). Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía PMBOK (4ta Ed.), Pennsylvania: Autor.

Rivera Vila, J. A. El uso de la bicicleta como alternativa de transporte sostenible e inclusivo para Lima Metropolitana: recomendaciones desde un enfoque de movilidad.

Robayo-Salazar, R., de Gutiérrez, R. M., & Mulford-Carvajal, A. (2016). Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente/Production of building elements based on alkali-activated red clay brick waste/Produção de elementos construtivos a partir de resíduos de tijolo ativados alcalinamente. Revista Facultad De Ingenieria, 25(43), 21-30.  
doi:<http://dx.doi.org/10.19053/01211129.v25.n43.2016.5294>

Sanjuan Barbudo, M. A., & ChinChón yepes, S. (2014). Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland. Universidad de Alicante.

UNE (2003). 23035-1. Seguridad contra incendios, señalización fotoluminiscente parte1: medida y clasificación. España: AENOR.

Santos, C. C., Luiz Oliveira Veriano, d. V., Cuzinsky, F. C., & Witsmiszyn, L. C.

(2018). Interlocking concrete paving blocks produced with foundry sand waste. *Materials Science Forum*, 912, 191-195.

doi:<http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.912.191>

Truptimala Pattnaik (Asst Prof) \*1, Nihar Ranjan Mohanta (Asst prof)2, Niharika Patel3, Paresh Biswal4 & Rajat Kamal Moharana5. (2018). MANUFACTURE OF INTERLOCKING CONCRETE PAVING BLOCKS WITH FLY ASH AND GLASS POWDER. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY*, 7(1), 604–612. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1161697>

## ANEXOS

### Anexo N°1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA/ DISEÑO
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿De qué manera la adición de aluminato de estroncio en la elaboración de adoquines de concreto mejorará la señalización horizontal en una ciclovía en Lima 2019?</p>	<p style="text-align: center;"><b>Objetivo General</b></p> <p style="text-align: center;">Verificar si la señalización horizontal a base de adoquines de concreto con adición de aluminato de estroncio cumple con las especificaciones técnicas para señalización fotoluminiscente según la Norma Española (UNE) 23035 y la NTP 339.064.</p> <p style="text-align: center;"><b>Objetivos Específicos</b></p> <p style="text-align: center;">Determinar la luminancia generada a los 10 minutos a partir de la adición de aluminato de estroncio en el concreto de acorde a un diseño de mezcla el cual cumpla con lo estipulado</p>	<p style="text-align: center;"><b>Hipótesis General</b></p> <p style="text-align: center;">La señalización horizontal a base de adoquines de concreto con adición de aluminato de estroncio cumple con las especificaciones técnicas para señalización fotoluminiscente según la Norma Española (UNE) 23035 y la NTP 339.064.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Variable independiente</b></p> <p style="text-align: center;">Efecto del Aluminato de Estroncio: * 30% en peso</p> <p style="text-align: center;">Definición Conceptual: Aluminato de Estroncio es la combinación de óxido de aluminio, óxido de estroncio y óxido bórico (Flor, Carpio y Santamaria, 2018).</p> <p style="text-align: center;">Definición Operacional: Determinar las propiedades físicas adquiridas a partir de la adición del aluminato de estroncio</p> <p style="text-align: center;"><b>Variable Dependiente</b></p> <p style="text-align: center;">Las propiedades fotoluminiscentes que adquieren los adoquines de concreto debido a la adición de aluminato de estroncio.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Método</b></p> <p style="text-align: center;">Cuantitativo</p> <p style="text-align: center;"><b>Tipo de Investigación</b></p> <p style="text-align: center;">Aplicativo</p> <p style="text-align: center;"><b>Diseño</b></p> <p style="text-align: center;">Experimental puro</p> <p style="text-align: center;"><b>Población y muestra</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Población</b></p> <p style="text-align: center;">Los 10000 adoquines que conforman la delimitación de la vía como señalización fotoluminiscente</p> <p style="text-align: center;"><b>Muestra</b></p> <p style="text-align: center;">Según NTP 339.604 muestra 6 unidades de adoquines de concreto fotoluminiscente</p> <p style="text-align: center;">Según UNE 23035 muestra de 10 unidades de</p>

Tabla N°23  
(Continuación)

en la Norma Española (UNE)  
23035 a los 10 minutos.

adoquines de concreto  
fotoluminiscente y 10 unidades  
de ensayo de pigmento  
fotoluminiscente

### Hipótesis Específicas

La adición de aluminato de estroncio en la relación de 3 a 10 con el material cementoso de la mezcla, proporciona una luminancia que cumple con los requisitos estipulados en la norma española (UNE) 23035 a los 10 minutos.

Determinar las propiedades físicas estipuladas en la norma técnica peruana (NTP) 339.604 sobre las tolerancias mínimas de calidad para la elaboración de adoquines.

Determinar la caracterización de los materiales a utilizarse para la elaboración de los especímenes, tales como el agregado fino, el cemento portland blanco y el aluminato de estroncio.

Las propiedades físicas de los adoquines de concreto adicionado con aluminato de estroncio cumple con las especificaciones técnicas estipuladas en la norma técnica peruana (NTP) 339.604 sobre las tolerancias mínimas de calidad para la elaboración de adoquines.  
. La adición de aluminato de estroncio no disminuye la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días.

### Definición Operacional:

\*Luminiscencia medida en condiciones de laboratorio según la UNE 23035-1, el cual será medida a partir la intensidad emitida en lux (lx).

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

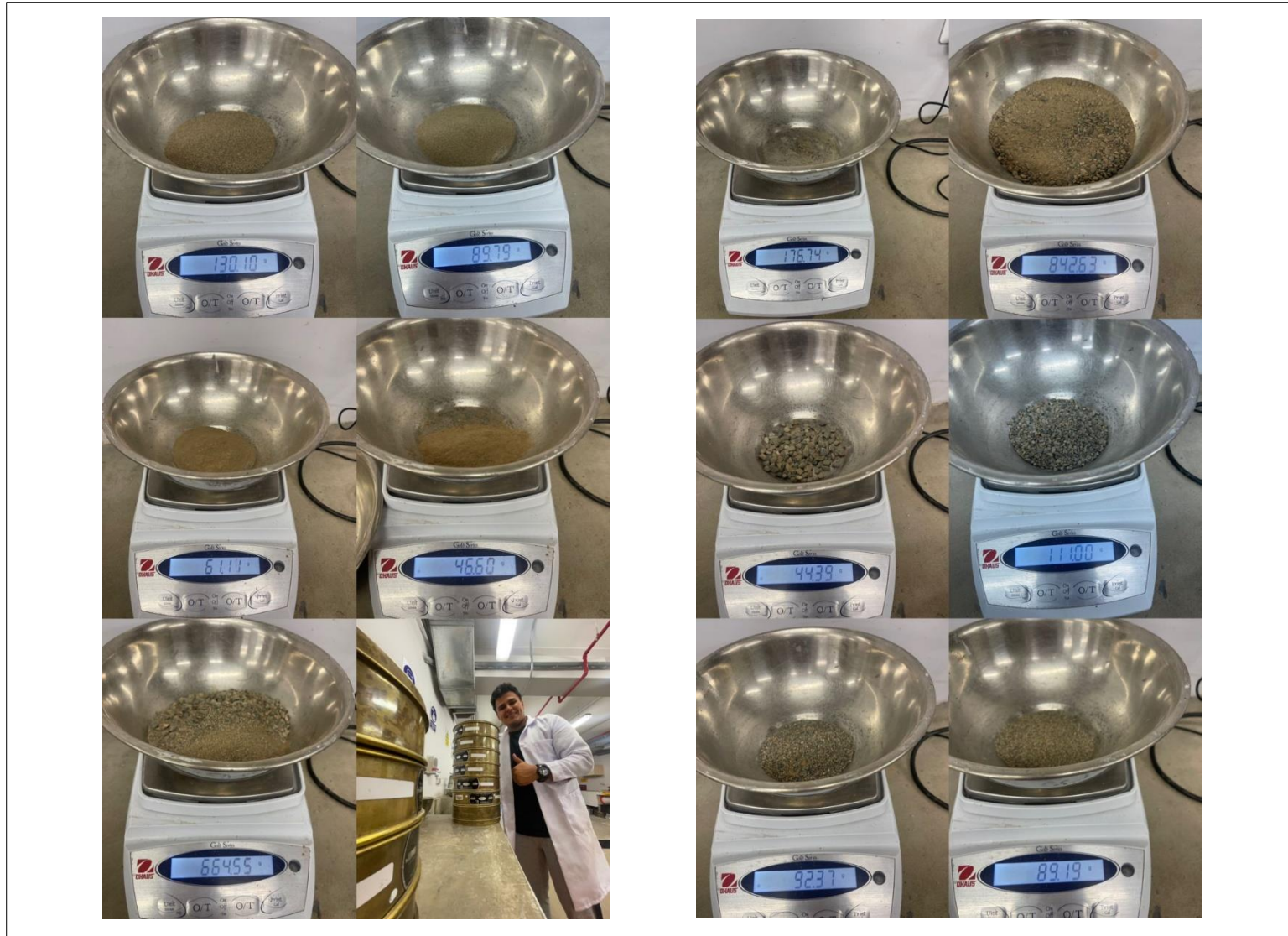
Técnica de Recolección Experimentación y Observación  
Instrumentos de Recolección formatos en hojas de Excel según requerimientos de las normas técnicas

Fuente: Elaboración Propia  
Autoría: Elaboración propia

### Anexo N°2 Cronograma de Actividades

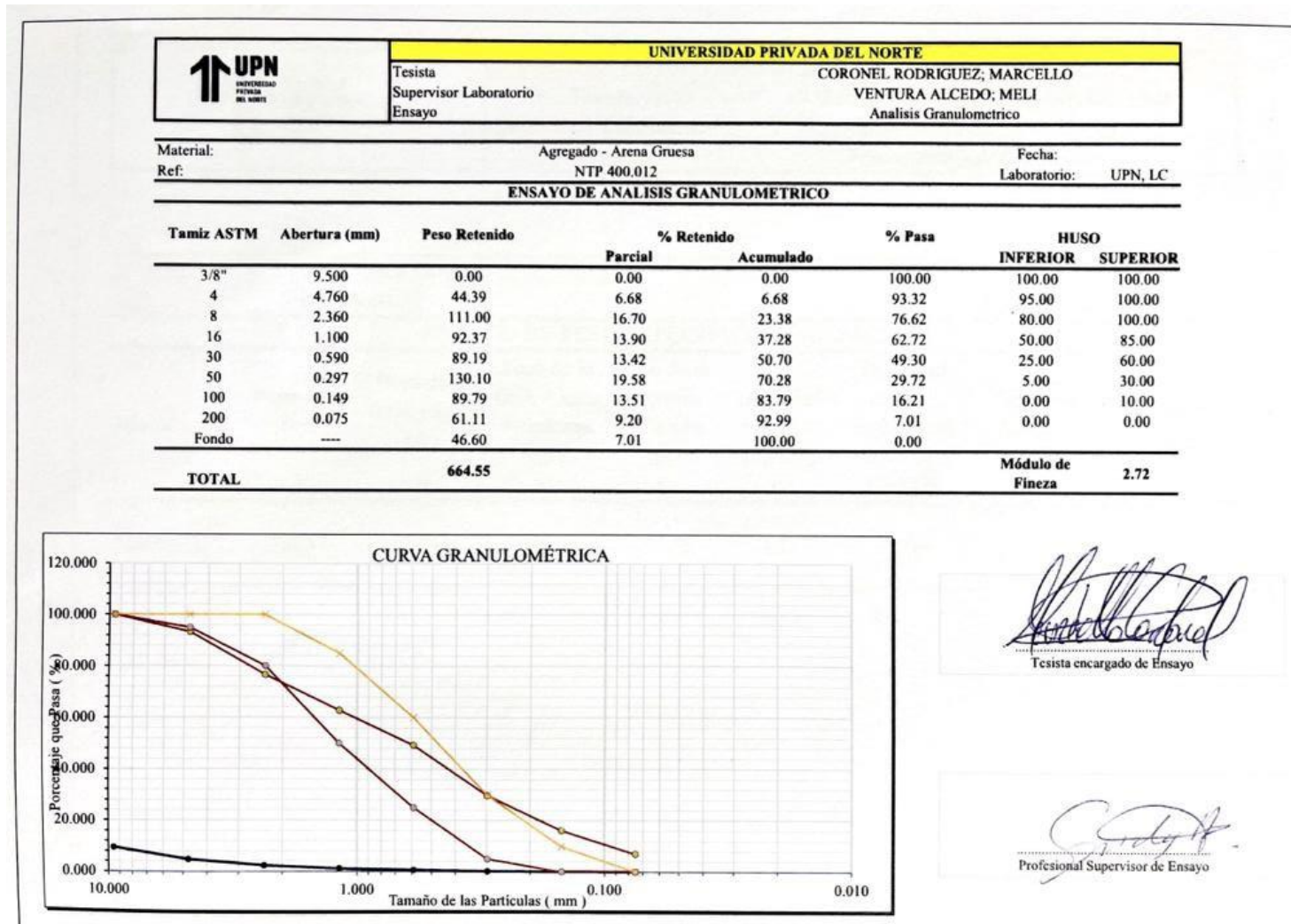
ACTIVIDADES	Inicio (Semana)	T (Semana)	Fin (Semana)	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16
Análisis de metodología	S-1	5	S-6	■	■	■	■	■											
consulta con expertos	S-1	2	S-2	■	■														
búsqueda de información	S-2	4	S-4		■	■	■	■											
Realización de Ensayos	S-3	9	S-12			■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Caracterización de agregado fino	S-3	4	S-6			■	■	■	■										
Caracterización de cemento portland blanco	S-3	1	S-4			■													
Caracterización de aluminato de estroncio	S-3	2	S-5			■	■												
Diseño de mezcla	S-7	1	S-8							■									
Elaboración de adoquines con aluminato de estroncio	S-8	4	S-12								■	■	■	■					
Ensayo de resistencia a la compresión	S-8	4	S-12								■	■	■	■					
Ensayo de iluminación	S-9	2	S-11									■	■						
Resultados de ensayos	S-12	3	S-15												■	■	■		
Análisis de resultados	S-12	1	S-13												■				
Redacción de resultados de ensayos	S-13	1	S-14													■			
Conclusiones	S-15	1	S-15															■	
Redacción de conclusiones	S-15	1	S-16															■	
Recomendaciones	S-16	1	S-16																■
Redacción de recomendaciones	S-16	1	S-16																■
Sustentación Final	S-16	1	S-16																■

**Anexo N°3: Registro Fotográfico Granulometría**

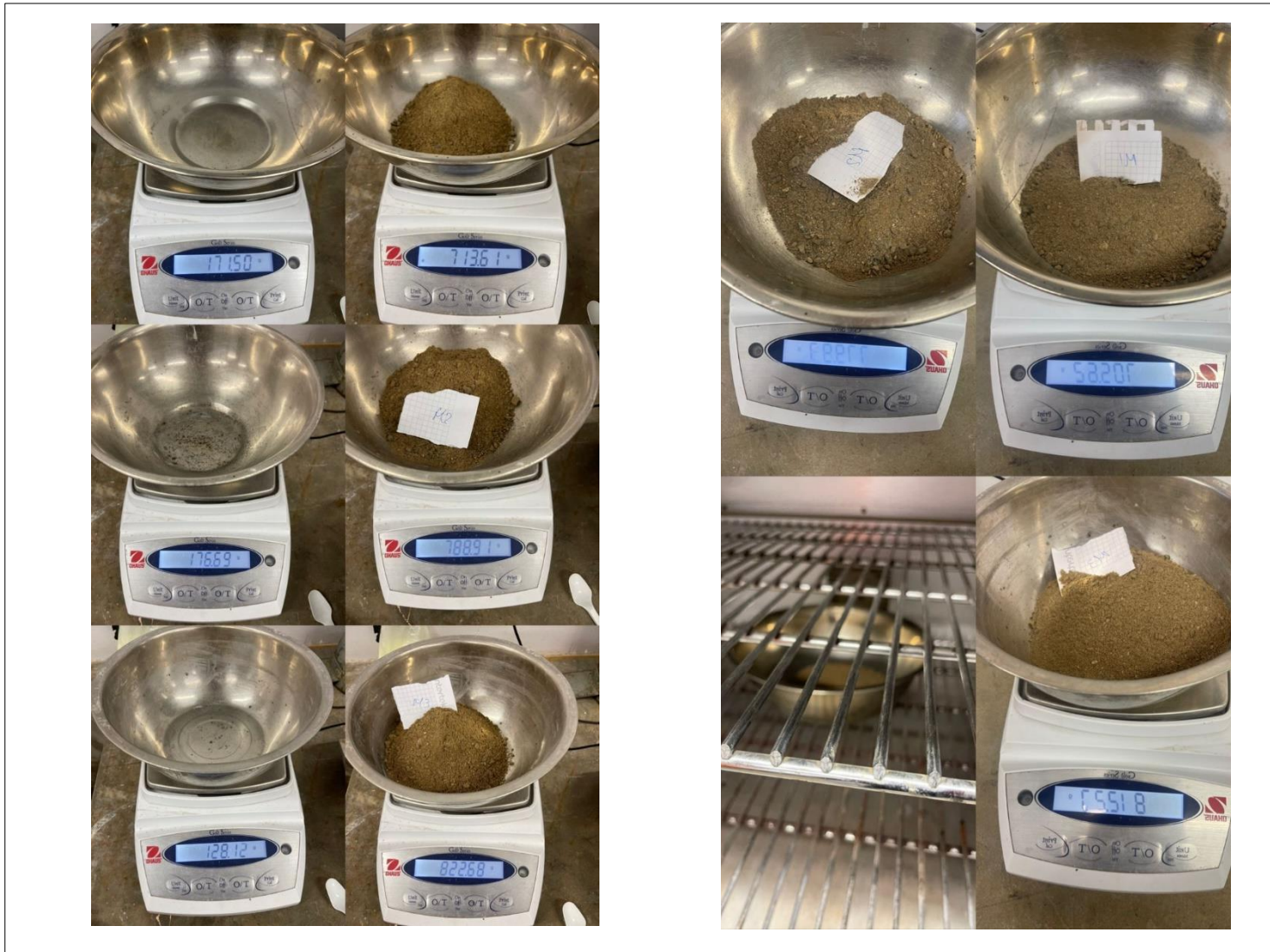





Anexo N°4 Registro firmado Análisis Granulométrico



**Anexo N°5: Registro Fotográfico Contenido de Humedad**



Anexo N°6: Registro firmado Contenido de Humedad

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>				
	Tesisista	CORONEL RODRIGUEZ; MARCELLO			
	Supervisor Laboratorio	VENTURA ALCEDO; MELI			
	Ensayo	Contenido de Humedad de Agregado			


  

Material:	Agregado - Arena Gruesa	Fecha:	10-Mar
Ref:	NTP 339.185	Laboratorio:	Concreto UPN-LC


  

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO</b>						
Muestra	Peso de bandeja (gr) (1)	Peso de bandeja + muestra natural (gr) (2)	Peso de bandeja + muestra seca (gr) (3)	Peso de la muestra natural (A) (2-1)	Peso de la muestra seca (B) (3-1)	Humedad (%W)
M1	171.5	713.61	705.62	542.11	534.12	1.50
M2	176.69	788.91	779.79	612.22	603.1	1.51
M3	128.12	822.68	812.27	694.56	684.15	1.52
				<b>Promedio</b>		<b>1.51</b>



.....  
Tesisista encargado de Ensayo




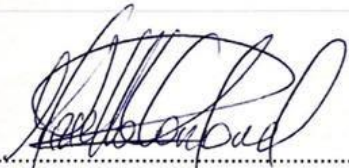
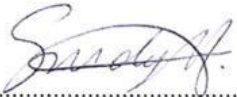
.....  
Profesional Supervisor de Ensayo



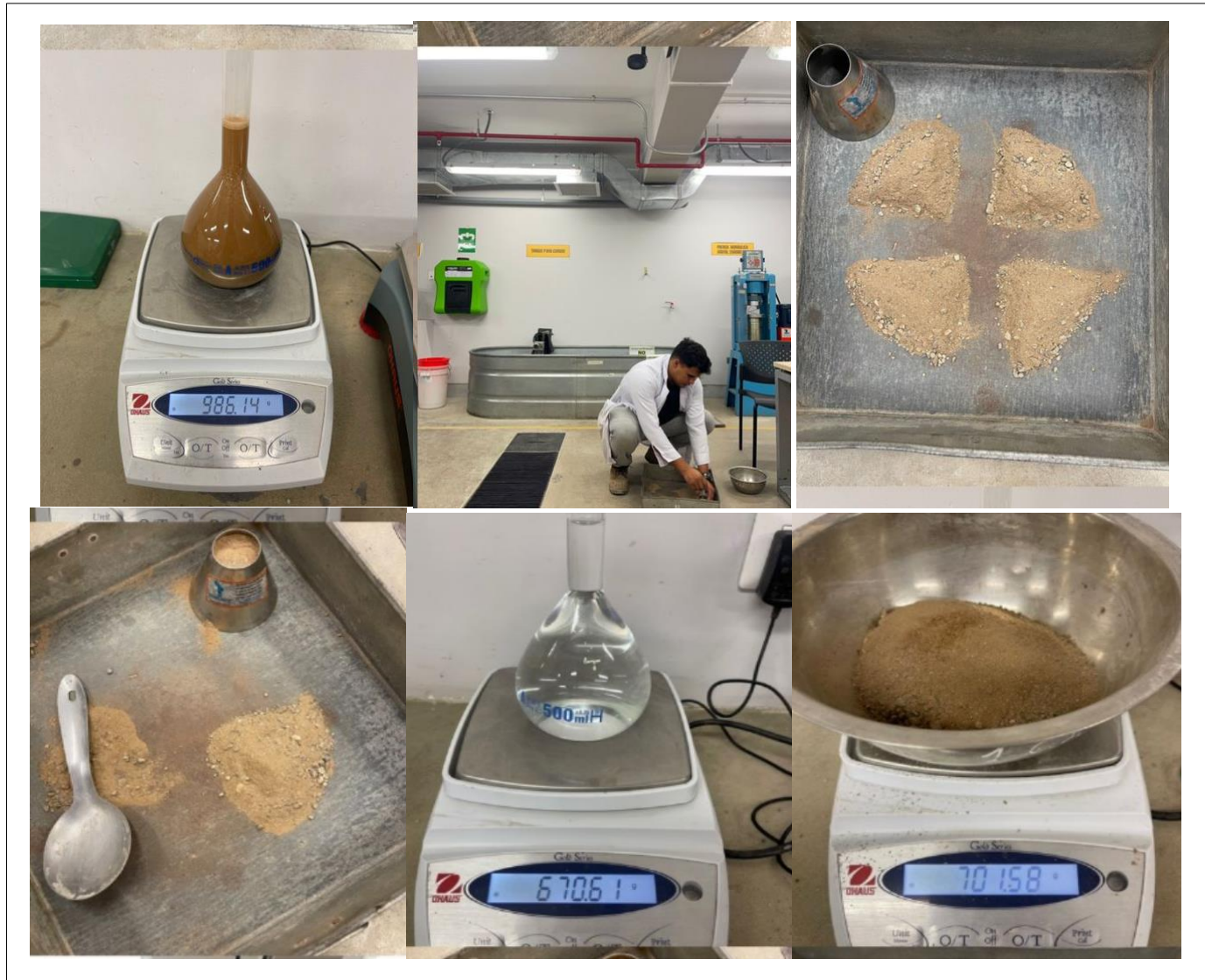
**Anexo N°7: Registro Fotográfico Peso unitario suelto**



**Anexo N°8: Registro firmado Peso Unitario Suelto**


	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>			
	Tesista Supervisor Laboratorio Ensayo	CORONEL RODRIGUEZ; MARCELLO VENTURA ALCEDO; MELI Peso Unitario Suelto		
Material: Agregado - Arena Gruesa		Fecha:		
Ref: NTP 400.017		Laboratorio: UPN, LC		
<b>ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO</b>				
Muestra	Volumen de molde (cm <sup>3</sup> /L) (A)	Peso del molde vacio (gr) (B)	Pesa de molde + muestra (gr) (C)	P.U.S. (C -B / A)
M1	2847	1584.91	6207	1.62
 ..... Tesista encargado de Ensayo		 ..... Profesional Supervisor de Ensayo		

**Anexo N°9: Registro fotográfico peso específico y absorción**





**Anexo N°10: Registro firmado peso específico y absorción**

 <p><b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
	Tesista Supervisor Laboratorio Ensayo	<b>CORONEL RODRIGUEZ; MARCELLO</b> <b>VENTURA ALCEDO; MELI</b> Peso específico y Absorción


  

Material: Agregado - Arena Gruesa	Fecha:
Ref: NTP 400.022	Laboratorio: UPN, LC


  

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION								
Muestra	Peso seco (gr)	Peso de la fiola + agua (gr)	Peso de la fiola + agua + muestra (gr)	Peso de la muestra saturado (gr)	Densidad Seca (kg/m3)	Densidad Saturada Superficial mente Seca (kg/m3)	Densidad Aparente Kg/m3)	Absorción (%)
	A	B	C	S				
M1	701.57	670.61	986.14	715.56	1.75	1.79	1.82	1.99

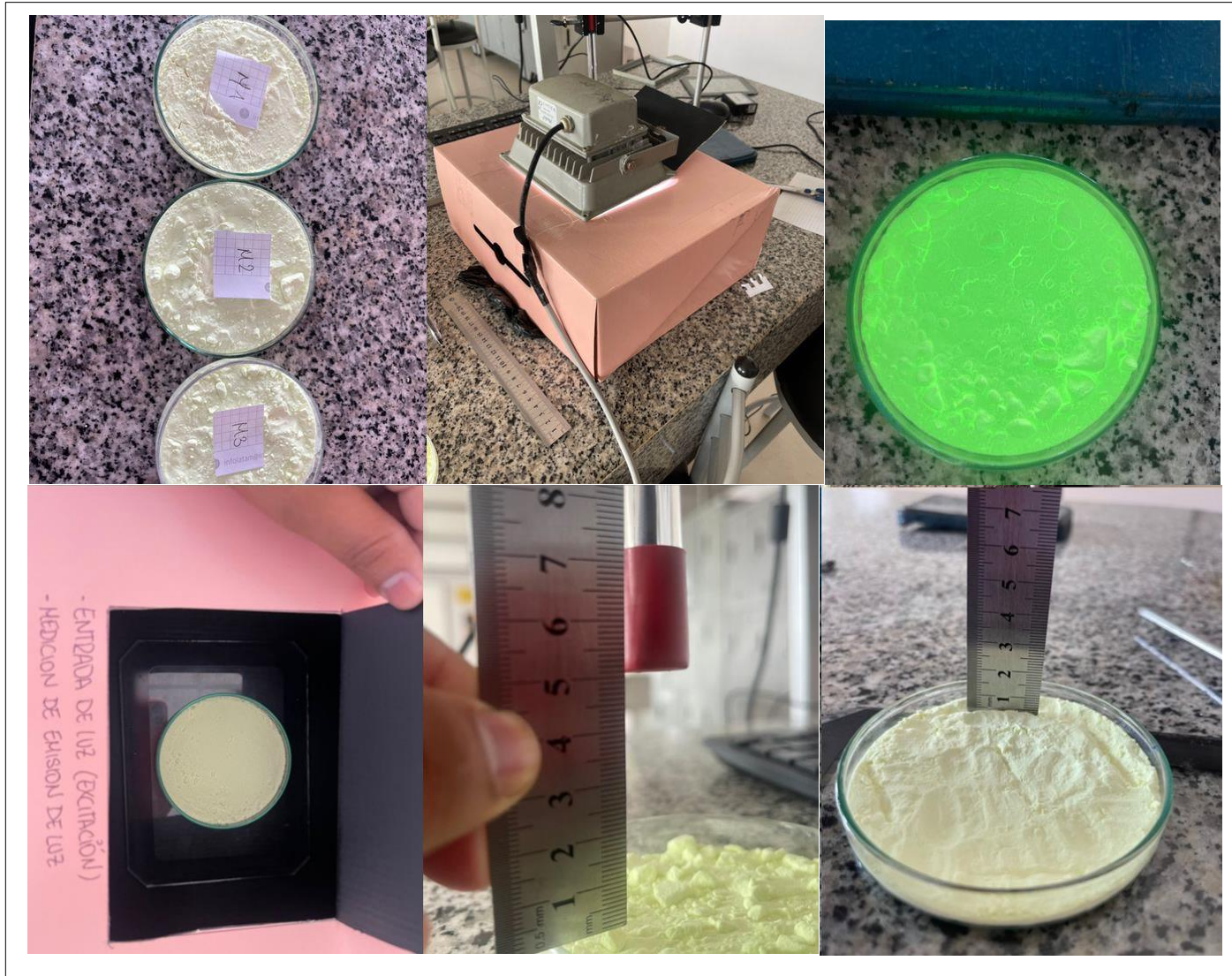


.....  
Tesista encargado de Ensayo



.....  
Profesional Supervisor de Ensayo


**Anexo N°11: Registro fotográfico luminiscencia de aluminato de estroncio**






**Anexo N°12: Registro firmado luminiscencia de aluminato de estroncio**

<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
<b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b> Tesisista Supervisor Laboratorio Ensayo	CORONEL RODRIGUEZ, MARCELLO GUERRA MARROQUIN, ERWIN Iluminancia de Aluminato de Estroncio	Fecha: 10-Mar Laboratorio: Física - UPN L.C
<b>MATERIAL:</b> Aluminato de estroncio			
<b>Ref:</b> UNE 23035-3			
<b>ILUMINANCIA EN CONDICIONES DE LABORATORIO</b>			
Tiempo (s)	M-1 (lux)	M-2 (lux)	M-3 (lux)
0	18.86	12.70	16.2
20	15.83	8.20	10.55
40	12.22	7.50	9.28
60	9.25	7.10	8.35
80	7.47	6.84	8.28
100	7.00	6.25	8.05
120	6.81	5.99	7.62
140	6.55	5.32	7.15
160	5.97	5.32	7.05
180	5.83	5.32	6.88
200	5.66	5.32	6.25
220	5.32	5.32	5.95
240	5.32	5.32	5.45
260	5.32	5.32	5.32
280	5.32	5.32	5.32
300	5.32	5.32	5.32
320	5.32	5.32	5.32
340	5.32	5.32	5.32
360	5.32	5.32	5.32
380	5.32	5.32	5.32
400	5.32	5.32	5.32
420	5.32	5.32	5.32
440	5.32	5.32	5.32
460	5.32	5.32	5.32
480	5.32	5.32	5.32
500	5.32	5.32	5.32
520	5.32	5.32	5.32
540	5.32	5.32	5.32
560	5.32	5.32	5.32
580	5.32	5.32	5.32
600	5.32	5.32	5.32
<b>E:Ultima Toma (lux)</b> 5.32			
<b>R (Radio de muestra en mm)</b> 90.00			
<b>r (altura de toma en mm)</b> 50.00			


  
 Testista encargado de Ensayo

  
 Profesional Supervisor de Ensayo

**Anexo N°13: Registro fotográfico contenido de humedad aluminato de estroncio**



**Anexo N°14: Registro firmado de contenido de humedad aluminato de estroncio**

 <p><b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	
	Tesista Supervisor Laboratorio  Ensayo	<b>CORONEL RODRIGUEZ; MARCELLO</b> <b>VENTURA ALCEDO; MELI</b> Contenido de Humedad de Aluminato de Estroncio


  

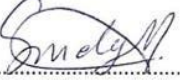
Material:	Adicion - Aluminato de estroncio	Fecha:	10-Mar
Ref:	NTP 339.185	Laboratorio:	Concreto UPN-LC

CONTENIDO DE HUMEDAD DE ADICION						
Muestra	Peso de bandeja (gr) (1)	Peso de bandeja +muestra natural (gr) (2)	Peso de bandeja +muestra seca (gr) (3)	Peso de la muestra natural (A) (2-1)	Peso de la muestra seca (B) (3-1)	Humedad (%W)
M1	91.67	168.25	167.97	76.58	76.3	0.37
M2	91.67	166.27	165.99	74.6	74.32329513	0.37
M3	91.67	164.27	164.00	72.6	72.32662351	0.38
					<b>Promedio</b>	<b>0.37</b>

  
 .....  
 Tesista encargado de Ensayo

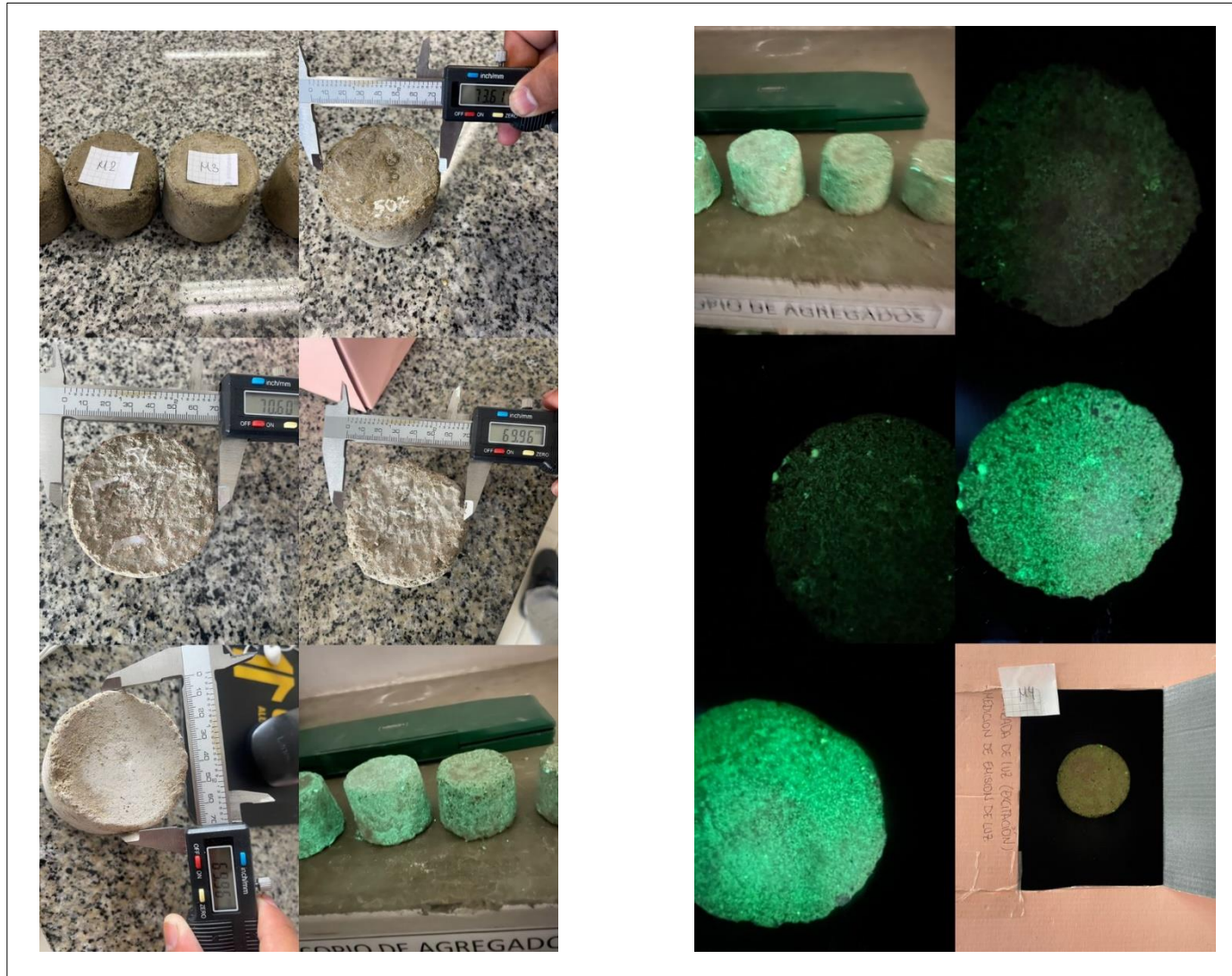
  
 .....  
 Profesional Supervisor de Ensayo



**Anexo N°15: Registro fotográfico de Elaboración de adoquines y testigos**




**Anexo N°16: Registro fotográfico de luminancia de testigos de concreto**







**Anexo N°17: Registro firmado de luminancia de testigos de concreto**

 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b> Tesista Supervisor Laboratorio Ensayo		<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b> CORONEL RODRIGUEZ, MARCELLO GUERRA MARROQUIN, ERWIN Iluminancia de testigos de concreto con adición	
Material:		Fecha:	
Testigos de concreto		10-Mar	
Edad:		Laboratorio:	
UNE 23035-3		UPN-LC	
<b>ILUMINANCIA DE TESTIGOS DE CONCRETO EN CONDICIONES DE LABORATORIO</b>			
Tiempo (s)	M-1 5% (lux)	M-2 15% (lux)	M-3 30% (lux)
0	1.52	3.2	6.68
20	0.58	1.2	5.84
40	0.35	1.1	5.22
60	0.33	0.87	4.57
80	0.32	0.87	4.19
100	0.32	0.87	3.47
120	0.32	0.87	3.24
140	0.32	0.87	2.91
160	0.32	0.84	2.82
180	0.32	0.84	2.75
200	0.32	0.84	2.75
220	0.32	0.83	2.75
240	0.32	0.84	2.73
260	0.32	0.84	2.75
280	0.32	0.81	2.75
300	0.32	0.84	2.75
320	0.32	0.84	2.75
340	0.32	0.84	2.72
360	0.32	0.81	2.7
380	0.32	0.81	2.72
400	0.32	0.82	2.72
420	0.32	0.81	2.72
440	0.32	0.8	2.7
460	0.32	0.81	2.71
480	0.32	0.81	2.72
500	0.32	0.82	2.72
520	0.32	0.81	2.7
540	0.32	0.83	2.72
560	0.32	0.81	2.72
580	0.32	0.8	2.72
600	0.32	0.8	2.71
E: Última Toma (lux)	0.32	0.80	2.71
R (Radio de muestra en mm)	70.60	34.98	34.98
r (altura de toma en mm)	50.00	50.00	50.00

.....  
 Testista Encargado de Ensayo




.....  
 Profesional Supervisor de Ensayo



**Anexo N°18: Registro fotográfico de absorción de concreto con aluminato de estroncio**



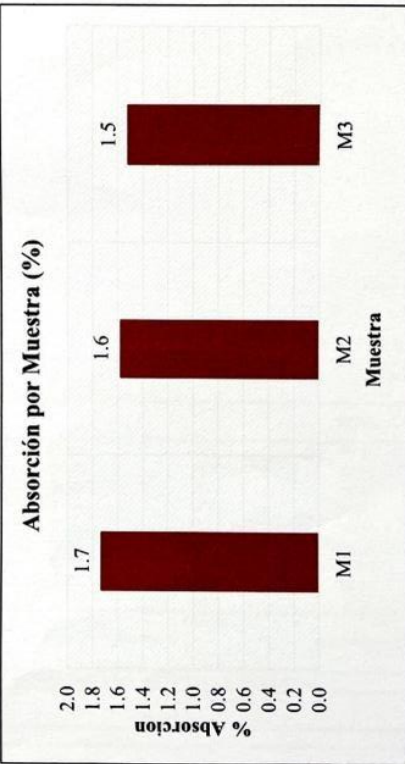
**Anexo N°19: Registro firmado de absorción de concreto con aluminato de estroncio**

	<p><b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b> CORONEL RODRIGUEZ, MARCELLO VENTURA ALCEDO, MELI Absorción de adoquines</p>
<p>Tesista Supervisor Laboratorio Ensayo</p>	


  

<b>ENSAYO DE ABSORCION DE ADOQUINES DE CONCRETO</b>			
Muestra	Peso seco (gr)	Peso de la muestra saturada (gr)	Absorción (%)
M1	2714	2761	1.7
M2	2596	2637	1.6
M3	2634	2674	1.5
<b>Promedio</b>			<b>1.6</b>


  





.....  
Tesista encargado de Ensayo






.....  
Profesional Supervisor de Ensayo



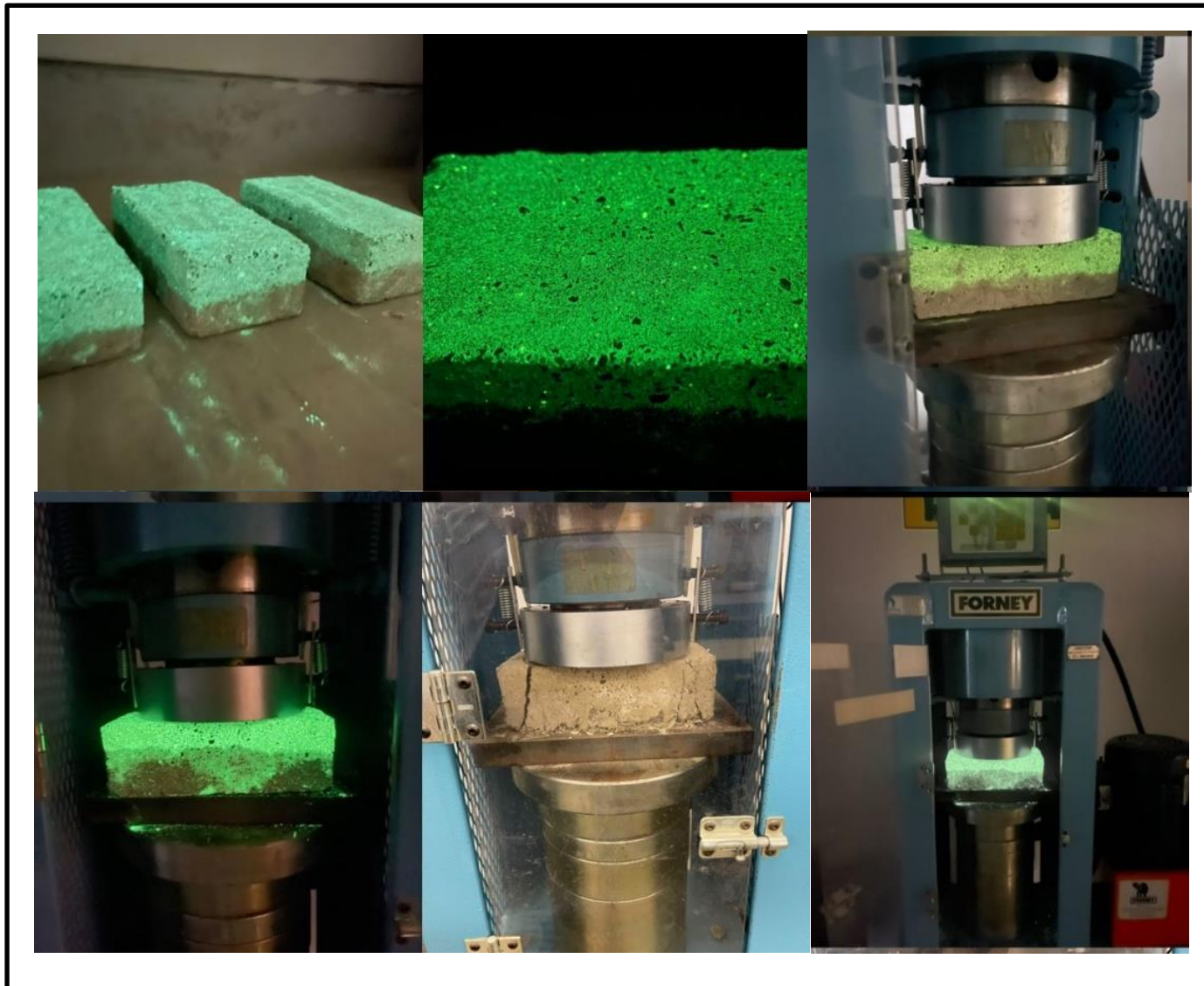


**Anexo N°21: Registro firmado de mediciones y dimensiones de concreto con aluminato de estroncio**


 <p><b>UPN</b> UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>		
	Tesista	CORONEL RODRIGUEZ; MARCELLO	
	Supervisor Laboratorio	VENTURA ALCEDO; MELI	
Ensayo	Medicion y dimensiones de adoquines		
<hr/>			
Material:	Adoquines al 30%	Fecha:	
Ref:	NTP 399.611	Laboratorio:	Concreto -UPN LC
<b>ENSAYO DE TOLERANCIA DE DIMENSIONES DE ADOQUINES</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Largo (cm)</b>	<b>Alto (cm)</b>
M1	9.928	19.638	6.116
	9.972	19.622	6.322
M2	9.937	19.832	6.052
	9.938	19.815	6.023
M3	10.070	19.159	6.187
	10.004	19.192	6.112
Promedio (cm)	9.975	19.543	6.135
Diseño (cm)	10	20	6
<b>Varianza (+/- cm)</b>	<b>0.025</b>	<b>0.457</b>	<b>0.135</b>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">               .....              Tesista encargado de Ensayo         </div> <div style="text-align: center;">               .....              Profesional Supervisor de Ensayo         </div> </div>			



**Anexo N°22: Registro fotográfico de resistencia a la compresión de concreto con aluminato de estroncio**

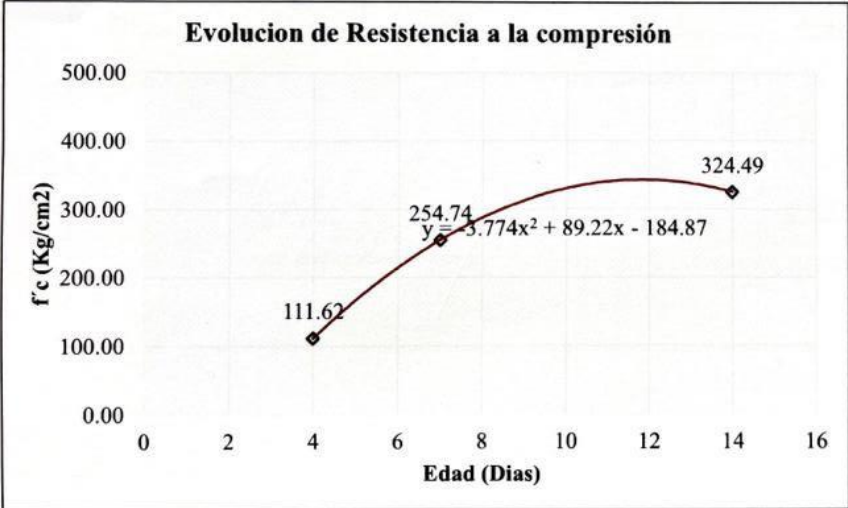


**Anexo N°23: Registro firmado de resistencia a la compresión de concreto con aluminato de estroncio**


		<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>				
		Tesisista		CORONEL RODRIGUEZ; MARCELLO		
		Supervisor Laboratorio		VENTURA ALCEDO; MELI		
		Ensayo		Resistencia a la compresion de Adoquines c/n adiccion		
Material:		Adoquines de Concreto al 30% de Adiccion			Fecha:	
Ref:					Laboratorio: UPN, LC	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN						
Muestra	Edad (dias)	Ancho (cm)	Largo (cm)	Área (cm2)	P (Kg)	F'c (kg/cm2)
M1	4	9.928	19.622	153.910	17180	111.62
M2	7	9.937	19.815	153.910	39207.00	254.74
M3	14	10.004	19.159	153.910	49943	324.49

**Evolucion de Resistencia a la compresión**

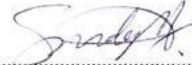


$y = 3.774x^2 + 89.22x - 184.87$


---

Tesisista encargado de Ensayo


---

Profesional Supervisor de Ensayo