



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES
EN LA ILUMINACIÓN Y LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO – 2018

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Br. Jazmith Alexandra Medina Gonzalez

Br. Jheysson Luis Moreno Cruz

Asesor:

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la bachiller **Jazmith Alexandra Medina Gonzalez** y el bachiller **Jheysson Luis Moreno Cruz**, denominada:

**“INFUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN
Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018”**

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo
Medina
CIP: 107619
Asesor

Mg. Ing. Melving Luis Rivera Muñoz
CIP: 103399
Jurado - Presidente

PhD. Ing. Heberth Alexander Diestra
Cruz
Jurado

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz
CIP: 166228
Jurado

DEDICATORIA

A Dios

Porque gracias a ti estoy en este mundo, porque tienes planes para mí y sé que mi destino está escrito en tu libro de vida. Te agradezco por la hermosa familia que me has brindado y también por haber puesto a personas maravillosas en el transcurso del camino de mi vida. Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de tu infinita bondad y amor.

A mi padre Ysaías y mi madre Rosa

Mami y papi les dedico principalmente mi tesis a ustedes que son y fueron mi motor y motivo para la culminación de este proyecto que estoy segura será el inicio de una nueva etapa familiar. Les estoy inmensamente agradecida por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, nunca olvidaré los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, pero más que nada por su amor infinito, los amo muchísimo.

A Mía, Kaori y Estefanie

Ustedes son el motivo por quienes trato de superarme día a día y siempre dar lo mejor de mí, soy la hermanita mayor y su hermana favorita ¿no? Las amo muchísimo mis niñas quiero ser a quien tomen como ejemplo y siempre deseo que ustedes lleguen mucho más lejos de lo que yo les inculque, para que así pueda sentirme orgullosa de todo lo que como familia hemos logrado, no saben la alegría que me embarga al saber que tengo 3 estrellas en las que puedo confiar y sé que siempre estarán a mi lado dándome luz y son ustedes mis niñas bonitas.

A Jheysson

Te dedico este pequeño gran esfuerzo porque siempre has sido paciente conmigo, por tu apoyo incondicional en el transcurso de estos 6 años en los que nos conocemos. Siempre quédate con el bonito recuerdo de que juntos hemos luchado por esto: nuestra titulación, y que lo logramos, gracias por ser mi compañero de vida y por todo el amor que me has brindado Snor.

DEDICATORIA

A Dios

Por siempre guiar mi camino, por demostrarme que las cosas tienen más valor cuando uno se y porque me bendijo con una familia de la cual aprendo mucho cada día; le agradezco y le dedico esta investigación que representa mis años de estudio.

A mi familia

A mi madre Jessica, que la quiero y admiro tanto pues es una persona que no se rinde fácilmente, me enseñaste que debo esforzarme por hacer que las cosas se hagan bien; me enseñaste que la honestidad es el mejor camino que puedo elegir. Me has hecho entender que los valores dicen mucho de una persona, gracias por inculcarme todos los días tantas cosas buenas, te quiero mucho mamá. A mi padre Juan, porque me motivo a estudiar ingeniería, el solo verlo trabajar me inspira a mejorar cada día más, siempre está ahí cuando lo necesito y puedo decir que será mi primer maestro hasta el fin de los días; espero algún día tener esa inteligencia que te caracteriza. Les agradezco a ambos todo el esfuerzo que dieron por mí, porque sé que la vida no es fácil pero jamás se rindieron y siempre estuvieron cuando más los necesité. A mi hermana Jimena, mi mayor motivación para seguir adelante, desde que llego a este mundo no hizo más que darme felicidad; aunque ahora es muy pequeña me enorgullece el comportamiento y la educación que adquiere cada día, sin importar la distancia siempre estaré para ella cuando más me necesite porque eso fue lo que nuestros padres nos enseñaron. A mi abuela América, por cuidarme hasta el día de hoy y recordarme que la humildad es uno de los valores más importante en las personas. A mis abuelos Juan y Zuleisa; pues hasta el día de hoy me aconsejan y desde pequeño me inculcaron que si te esfuerzas puedes llegar a ser mejor que muchas personas, que siempre aspire a muchas más cosas en la vida. A mis tíos y primos, algunos hoy se encuentran lejos y a otros los tengo un poco más cerca, tengo muy buenos recuerdos desde pequeño con ellos, por lo que siempre los tendré presente.

A Alexandra

Se lo dedico porque a pesar de todo ella jamás se rindió, y a pesar de las adversidades siempre estuvo luchando porque hoy culminemos este proyecto que nos tomó mucho tiempo. Gracias por entenderme y enseñarme varias cosas a lo largo de este camino. Eres la mejor persona que conozco y espero que jamás cambies mi compañera de toda la vida.

AGRADECIMIENTO

A nuestros familiares

Por su confianza no solo en esta investigación si no a lo largo de estos años de estudio constante que con esfuerzo hoy en día logramos culminar.

A nuestros maestros

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina por su gran apoyo, por las oportunidades que nos dio, por siempre guiarnos y aconsejarnos para mejorar en la investigación que hoy presentamos; a la Docente Luisa Juárez, Daniel Delfín y todo el equipo de física por su tiempo compartido y por apoyar nuestra investigación ; a Wesley Leonardo y el equipo de tecnología y concreto por darnos facilidades con el laboratorio, por qué su amabilidad no hizo sentir en confianza y tranquilidad al ejecutar nuestra tesis, a la coordinadora de la carrera de Ingeniería Ambiental y todo su equipo de trabajo en el laboratorio de rocas pues aceleraron los procesos para poder ejecutar un grupo de ensayos con sus máquinas.

A las personas que nos apoyaron para la obtención de las piedras fotoluminiscentes

Richard Cruz, Mónica Mogollon y Ezequiel Desposorio agradecerles porque nos facilitaron la obtención de las piedras fotoluminiscentes para poder realizar la investigación sin dudarle un segundo confiando en que hoy culminemos la investigación que señale el fin de una etapa en nuestras vidas.

A nuestros amigos

porque si no fuera por ellos hubiésemos terminado la carrera mucho más antes de lo programado, pero aun así son buenas personas y espero que eso perdure para siempre.

A nuestro jurado

Nunca nos pusieron fácil el camino, pero gracias a sus exigencias nosotros podemos culminar de manera satisfactoria nuestra tesis de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	23
1.1. Realidad problemática.....	23
1.2. Formulación del problema	28
1.3. Justificación	29
1.4. Limitaciones.....	30
1.5. Objetivos	31
1.5.1.Objetivo general	31
1.5.2.Objetivos específicos	31
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	32
2.1. Antecedentes	32
2.2. Bases teóricas	35
2.2.1. Materiales	35
2.2.1.1. Cemento.....	35
2.2.1.1.1. Material cementoso.....	35
2.2.1.1.2. Cemento hidráulico.....	35
2.2.1.2. Agregados.....	36
2.2.1.2.1. Clasificación de agregados para concreto.....	36
2.2.1.2.2. Ensayos para el agregado.....	37
2.2.1.2.2.1. Contenido de humedad	37
2.2.1.2.2.2. Granulometría	38
2.2.1.2.2.3. Gravedad específica	41
2.2.1.2.2.4. Absorción.....	42
2.2.1.2.2.5. Peso Unitario.....	44
2.2.1.2.2.6. Ensayo de abrasión	45
2.2.1.2.3. Sustancias perjudiciales	46
2.2.1.2.3.1. Contenido de materia orgánica	46
2.2.1.3. Agua para la mezcla	46
2.2.2. Fundamentos del concreto	47
2.2.2.1. Concreto	47
2.2.2.2. Diseño.....	47
2.2.2.2.1. Método ACI 211.1	47
2.2.2.2.2. Dosificación.....	50

2.2.2.2.3. Aspectos básicos a determinar	50
2.2.2.3. Estados del concreto	51
2.2.2.3.1. Estado fresco.....	51
2.2.2.3.2. Estado endurecido.....	52
2.2.2.4. Preparación de testigos	53
2.2.2.4.1. Especímenes cilíndricos.....	53
2.2.2.4.2. Especímenes viga.....	54
2.2.2.5. Almacenamiento del espécimen	55
2.2.2.5.1. Almacenamiento inicial	55
2.2.2.5.2. Ambiente de curado	56
2.2.2.6. Ensayos.....	57
2.2.2.6.1. Ensayos en estado endurecido	57
2.2.2.6.1.1. Pruebas de resistencia a la flexión	57
2.2.2.6.1.2. Pruebas de resistencia a la compresión	58
2.2.2.7. Factores que influyen en la resistencia del concreto.....	59
2.2.2.7.1. Materiales	59
2.2.2.7.2. Contenido del cemento	59
2.2.2.7.3. Agregados.....	60
2.2.3. Fundamentos de la piedra fotoluminiscente	60
2.2.3.1. Piedras fotoluminiscentes	60
2.2.3.2. Historia de la luminiscencia	61
2.2.3.3. Propiedades.....	62
2.2.3.3.1. Fotoluminiscencia.....	62
2.2.3.3.2. Fluorescencia y Fosforescencia	63
2.2.4. Términos básicos.....	64
2.2.4.1. Intensidad luminosa.....	64
2.2.4.2. Iluminación.....	65
2.2.4.3. Ley del cuadrado de la distancia.....	65
2.2.4.4. Luminancia	66
2.2.5. Componentes de la piedra fotoluminiscente.....	66
2.2.5.1. Resina de poliéster insaturado	66
2.2.5.2. Pigmentos fotoluminiscentes	67
2.2.5.2.1. Constituyentes	67
2.2.5.2.1.1. Aluminato de estroncio	67
2.2.5.2.1.2. Sulfuro de zinc	68
2.2.6. Concreto fotoluminiscente.....	69
2.2.6.1. Proyectos	70
2.2.6.1.1. Polonia: ciclo vías.....	70

2.2.6.1.2. España: pisos y piscinas.....	71
2.2.6.1.3. Holanda: bordes de autopistas	71
2.2.6.1.4. Reino Unido: pavimentos	72
2.2.6.2. Beneficios	73
2.2.7. Equipos para ensayos a las piedras fotoluminiscentes.....	74
2.2.7.1. Sensor de Luz	74
2.2.7.1.1. Fotodiodo de silicio Hamamatsu S1133	75
2.2.7.2. Interfaz LabPro Vernier	75
2.2.7.3. Sensor de luz UVA & UVB	76
2.2.7.4. LoggerPro	77
2.2.8. Estadística.....	78
2.2.8.1. Media Aritmética.....	78
2.2.8.2. Medida de dispersión.....	78
2.2.8.2.1. Varianza.....	78
2.2.8.2.2. Desviación típica o desviación estándar	79
2.2.8.2.3. Coeficiente de variación	79
2.2.8.3. Variable aleatoria continua	80
2.2.8.3.1. Distribución normal	80
2.2.8.4. Distribución muestral	81
2.2.8.4.1. Tamaño de la muestra	81
2.2.8.4.2. Test de Shapiro-Wilk.....	82
2.2.8.5. Homogeneidad de varianza	82
2.2.8.5.1. Test de Levene.....	82
2.2.8.6. Pruebas de hipótesis	83
2.2.8.6.1. ANOVA.....	83
2.2.8.6.2. T-Student	83
2.2.8.7. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)	84
2.3. Hipótesis	85
2.3.1. Hipótesis general	85
2.3.2. Hipótesis específicas	85
2.4. Definición de términos básicos	88
2.4.1. Iluminación.....	88
2.4.2. Resistencia a la compresión.....	88
2.4.3. Resistencia a la flexión.....	89
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	90
3.1. Operacionalización de variables.....	90
3.1.1. Variables dependientes.....	90
3.2. Diseño de investigación	91

3.3. Unidad de estudio.....	91
3.4. Población.....	92
3.5. Muestra	93
3.5.1. Muestra para testigos de concreto	93
3.5.2. Muestra para piedras fotoluminiscentes	95
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	97
3.6.1. Técnica de recolección de datos	97
3.6.2. Instrumento de recolección de datos	97
3.6.3. Procedimiento de recolección de datos	98
3.6.3.1. Obtención y caracterización de los agregados	98
3.6.3.1.1. Obtención de los agregados	98
3.6.3.1.2. Caracterización de los agregados.....	99
3.6.3.1.2.1. Calidad del agregado.....	99
3.6.3.1.2.2. Granulometría del agregado grueso y fino.....	100
3.6.3.1.2.3. Peso unitario de los agregados	103
3.6.3.1.2.4. Gravedad específica y absorción.....	106
3.6.3.1.2.5. Peso específico y absorción	109
3.6.3.1.2.6. Humedad.....	111
3.6.3.1.2.7. Especificaciones.....	113
3.6.3.2. Diseño de concreto	113
3.6.3.3. Elaboración de especímenes de concreto y ruptura	117
3.6.3.4. Caracterización de las piedras fotoluminiscentes	120
3.6.3.4.1. Iluminación.....	120
3.6.3.4.2. Peso específico	123
3.6.3.4.3. Granulometría.....	124
3.6.3.4.4. Ensayo de luz ultravioleta.....	125
3.6.3.4.5. Ensayo de abrasión	126
3.6.3.4.6. Tiempo de descarga	128
3.6.3.4.7. Ensayo de señalización fotoluminiscente según la norma española (UNE) 23035.....	129
3.6.3.5. Iluminación del concreto con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes	131
3.7. Métodos, instrumentos y procedimiento de análisis de datos	132
3.7.1. Método de análisis de datos.....	132
3.7.2. Instrumento de análisis de datos.....	132
3.7.3. Procedimiento de análisis de datos.....	132
3.7.3.1. Media Aritmética.....	134
3.7.3.2. Desviación Estándar	134
3.7.3.3. Varianza.....	135
3.7.3.4. Distribución Normal	135

3.7.3.5. Test de Shapiro-Wilk (S-W).....	136
3.7.3.6. Homogeneidad de Varianza.....	136
3.7.3.7. Test de Levene.....	137
3.7.3.8. Pruebas de hipótesis	137
3.7.3.9. Anova	137
3.7.3.10.T-Student	137
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	138
4.1. Granulometría de los agregados finos y gruesos (NTP 400.012).....	138
4.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo 1.....	138
4.1.2. Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo corregido 1:	139
4.1.3. Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)-Ensayo 1.....	140
4.2. Peso unitario de los agregados (NTP 400.017)	141
4.2.1. Ensayo de peso unitario seco compactado del agregado	141
4.2.2. Ensayo de peso unitario seco suelto del agregado fino	142
4.3. Peso específico y absorción de los agregados	143
4.3.1. Ensayo del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022).....	143
4.3.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)	144
4.4. Contenido de humedad de los agregados (NTP 339.185)	145
4.4.1. Ensayo de contenido de humedad del agregado por secado (NTP 339.185).....	145
4.5. Diseño de mezcla (ACI.211).....	146
4.6. Características de las piedras fotoluminiscentes y concreto luminoso	147
4.6.1. Iluminación respecto a la fuente de carga	147
4.6.1.1. Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 minutos	147
4.6.1.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos	148
4.6.1.3. Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 minutos	149
4.6.2. Iluminación respecto a los distintos tiempos de carga.....	150
4.6.2.1. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 minutos	150
4.6.2.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos	152
4.6.2.3. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 minutos	153
4.7. Peso específico de la piedra fotoluminiscente.....	154
4.8. Ensayo de medición de luz ultravioleta.....	154
4.9. Ensayo de abrasión.....	155
4.10. Ensayo de carga y descarga de las piedras fotoluminiscentes	155
4.11. Granulometría de las piedras fotoluminiscentes.....	155
4.12. Ensayo de señalización fotoluminiscente según la norma española (UNE)23035	156
4.13. Iluminación del concreto con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes	159
4.14. Resistencia a la compresión	160
4.15. Resistencia a la flexión.....	164

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	167
5.1. Caracterización de agregados.....	167
5.2. Iluminación respecto a la fuente de carga	169
5.2.1. Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 minutos.....	169
5.2.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos.....	170
5.2.3. Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 minutos.....	171
5.3. Iluminación respecto a los distintos tiempos de carga	173
5.3.1. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 minutos.....	173
5.3.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos.....	174
5.3.3. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 minutos.....	175
5.4. Peso específico de la piedra fotoluminiscente.....	176
5.5. Ensayo de medición de luz ultravioleta,.....	176
5.6. Ensayo de abrasión.....	177
5.7. Ensayo de carga y descarga de las piedras fotoluminiscentes	177
5.8. Granulometría de las piedras fotoluminiscentes.....	178
5.9. Ensayo de señalización fotoluminiscente según la norma española UNE 23035.....	178
5.10. Iluminación del concreto con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes con sensor a 40 cm.....	180
5.11. Resistencia a la compresión	181
5.12. Resistencia a la flexión.....	184
CONCLUSIONES.....	189
RECOMENDACIONES	191
REFERENCIAS	192
ANEXOS.....	197

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resistencia a la compresión simple	37
Tabla 2: Tamaño de la muestra del agregado grueso.....	38
Tabla 3: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	39
Tabla 4: Granulometría del agregado fino	39
Tabla 5 : Granulometría del agregado grueso	40
Tabla 6: Masa mínima para agregado grueso	41
Tabla 7: Peso mínimo para ensayo de absorción-agregado grueso.....	43
Tabla 8: Capacidad de los recipientes.....	44
Tabla 9: Densidad del agua.....	45
Tabla 10: Carga de la muestra	45
Tabla 11: Gradación de las muestras de ensayo	46
Tabla 12: Resistencia requerida.....	47
Tabla 13: Contenido de aire atrapado	48
Tabla 14: Cantidad de agua con respecto al asentamiento.....	48
Tabla 15: Relación a/c	49
Tabla 16: Volumen de agregado grueso	49
Tabla 17: Rangos del sensor Vernier	74
Tabla 18: Hipótesis general	85
Tabla 19: Hipótesis específica 01	86
Tabla 20: Hipótesis específica 02	86
Tabla 21: Hipótesis específica 03	86
Tabla 22 : Hipótesis específica 04	87
Tabla 23: Operacionalización de variables.....	90
Tabla 24: Probeta cilíndrica.....	92
Tabla 25: Probeta rectangular	92
Tabla 26: Valores de la distribución normal estandarizada	94
Tabla 27: Muestra de especímenes de concreto.....	95
Tabla 28: Muestra para iluminación emitida a distintas exposiciones.....	96
Tabla 29: Muestra para tiempo de descarga	96
Tabla 30: Muestra para ensayo de luz ultravioleta	96
Tabla 31: Muestra para abrasión.....	96
Tabla 32: Muestra para emisión de luz del concreto luminoso.....	96
Tabla 33: Muestra para señalización fotoluminiscente (UNE 23035).....	96
Tabla 34: Tamices empleados para agregado fino.....	100
Tabla 35: Tamices empleados para agregado grueso.....	100
Tabla 36: Cantidad de muestra mínima para granulometría	101

Tabla 37: Densidad de agua.....	104
Tabla 38: Masa mínima para agregado grueso	109
Tabla 39: Tamaño de la muestra.....	112
Tabla 40: Resistencia a la compresión requerida.....	114
Tabla 41: Contenido de aire atrapado	114
Tabla 42: Volumen unitario de agua.....	115
Tabla 43: Relación agua/cemento por resistencia.....	115
Tabla 44: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto	116
Tabla 45: Análisis granulométrico del agregado fino	138
Tabla 46: Análisis granulométrico del agregado fino	139
Tabla 47: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	140
Tabla 48: Peso unitario compactado del agregado fino	141
Tabla 49: Peso unitario compactado del agregado grueso	141
Tabla 50: Peso unitario del agregado fino	142
Tabla 51: Peso unitario suelto del agregado grueso.....	142
Tabla 52: Peso específico y absorción del agregado fino	143
Tabla 53: Pe y absorción del agregado grueso.....	144
Tabla 54: Contenido de humedad del agregado fino	145
Tabla 55: Contenido de humedad del agregado grueso	145
Tabla 56: Agregados.....	146
Tabla 57: Diseño de mezcla ACI 211	146
Tabla 58: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.	147
Tabla 59: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	148
Tabla 60: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.	149
Tabla 61: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.	151
Tabla 62: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	152
Tabla 63: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.	153
Tabla 64: Peso específico de la piedra fotoluminiscente	154
Tabla 65: Ensayo de luz ultravioleta.....	154
Tabla 66: Ensayo de abrasión.....	155
Tabla 67: Ensayo de carga y descarga	155
Tabla 68: Granulometría de las piedras fotoluminiscentes	156
Tabla 69: Resultados según UNE 23035	156
Tabla 70: Lectura de iluminación a 40 cm.....	159
Tabla 71: Resistencia a la compresión del testigo patrón	161
Tabla 72: Resistencia a la compresión del testigo con dosificación 0.152 kg/m ²	161
Tabla 73: Resistencia a la compresión del testigo con dosificación 0.765 kg/m ²	161
Tabla 74: Resistencia a la compresión del testigo con dosificación 0.905 kg/m ²	162

Tabla 75: Análisis descriptivo- Resistencia a la compresión.....	162
Tabla 76: Análisis de normalidad	163
Tabla 77: Homocedasticidad	163
Tabla 78: Prueba de hipótesis - ANOVA	164
Tabla 79: Dimensiones del testigo.....	164
Tabla 80: Resistencia a la flexión del testigo patrón	164
Tabla 81: Resistencia a la flexión del testigo con piedras fotoluminiscentes	164
Tabla 82: Análisis descriptivo - Resistencia a la flexión	165
Tabla 83: Análisis de normalidad	165
Tabla 84: Homocedasticidad	165
Tabla 85: Prueba de hipótesis - T student.....	166
Tabla 86: Agregados.....	201
Tabla 87: Resistencia a la compresión requerida.....	201
Tabla 88: Aire atrapado en porcentaje.....	201
Tabla 89: Selección de agua:	202
Tabla 90: Relación a/c	202
Tabla 91: Suma de valores absolutos.....	203
Tabla 92: Cálculo del agregado grueso.....	203
Tabla 93: Proporción del diseño	205
Tabla 94: Muestreo para optimización del sensor	206
Tabla 95: Análisis granulométrico del agregado fino	207
Tabla 96: Análisis granulométrico del agregado fino	208
Tabla 97: Análisis granulométrico del agregado fino	209
Tabla 98: Análisis granulométrico del agregado fino	210
Tabla 99: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	211
Tabla 100: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	212
Tabla 101: Caja 23 cm x 23 cm a 25 cm de altura del sensor.....	225
Tabla 102: Caja 19 cm x 19 cm a 25 cm de altura del sensor.....	226
Tabla 103: Caja 15 cm x 15 cm a 25 cm de altura del sensor.....	227
Tabla 104: Caja 23 cm x 23 cm a 20 cm de altura del sensor.....	228
Tabla 105: Caja 19 cm x 19 cm a 20 cm de altura del sensor.....	229
Tabla 106: Caja 15 cm x 15 cm a 20 cm de altura del sensor.....	230
Tabla 107: Caja 23 cm x 23 cm a 15 cm de altura del sensor.....	231
Tabla 108: Caja 19 cm x 19 cm a 15 cm de altura del sensor.....	232
Tabla 109: Caja 15 cm x 15 cm a 15 cm de altura del sensor.....	233
Tabla 110: Caja 23 cm x 23 cm a 10 cm de altura del sensor.....	234
Tabla 111: Caja 19 cm x 19 cm a 10 cm de altura del sensor.....	235
Tabla 112: Caja 15 cm x 15 cm a 10 cm de altura del sensor.....	236

Tabla 113: Caja 23 cm x 23 cm a 5 cm de altura del sensor.....	237
Tabla 114: Caja 19 cm x 19 cm a 5 cm de altura del sensor.....	238
Tabla 115: Caja 15 cm x 15 cm a 5 cm de altura del sensor.....	239
Tabla 116: Un cm de espesor de piedra fotoluminiscente.	240
Tabla 117: Dos cm de espesor de piedra fotoluminiscente.....	241
Tabla 118: Tres cm de espesor de piedra fotoluminiscente.	242
Tabla 119: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 20 min.	243
Tabla 120: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.	244
Tabla 121: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.	245
Tabla 122: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.	246
Tabla 123: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	247
Tabla 124: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.	248
Tabla 125: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 20 min.	249
Tabla 126: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.	250
Tabla 127: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 60 min.	251
Tabla 128: Piedras fotoluminiscentes a 5 cm de altura del sensor.....	252
Tabla 129: Piedras fotoluminiscentes a 10 cm de altura del sensor.....	253
Tabla 130: Piedras fotoluminiscentes a 15 cm de altura del sensor.....	254
Tabla 131: Piedras fotoluminiscentes a 20 cm de altura del sensor.....	255
Tabla 132: Piedras fotoluminiscentes a 25 cm de altura del sensor.....	256
Tabla 133: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.	257
Tabla 134: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.	258
Tabla 135: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	259
Tabla 136: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.	260

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Concreto en estado fresco	52
Figura 2: Columna de concreto.....	52
Figura 3: Especímenes de viga y cilíndrico	53
Figura 4: Testigos cilíndricos	54
Figura 5: Espécimen de concreto - viga.....	55
Figura 6: Poza de curado	56
Figura 7: Prensa hidráulica para resistencia a la flexión.....	57
Figura 8: Prensa hidráulica para resistencia a la compresión	58
Figura 9: Tipos de falla.....	59
Figura 10: Piedras fotoluminiscentes.....	61
Figura 11: Fenómeno de luminiscencia	63
Figura 12: Fluorescencia y fosforescencia.....	64
Figura 13: Intensidad Luminosa	64
Figura 14: Iluminación	65
Figura 15: Luminancia.....	66
Figura 16: Pigmento fotoluminiscente.....	67
Figura 17: Aluminato de estroncio	68
Figura 18: Sulfuro de Zinc (ZnS)	69
Figura 19: Concreto luminoso	69
Figura 20: Ciclo vías luminosas	70
Figura 21: Iluminación en piscinas	71
Figura 22: Bordos de autopista	72
Figura 23: Caminos luminosos	73
Figura 24: Vías luminosas	73
Figura 25: Sensor de luz	74
Figura 26: Fotodiodo S1133	75
Figura 27: Interfaz	76
Figura 28: Sensor UV	76
Figura 29: Software Logger Pro	77
Figura 30: IBM SPSS	84
Figura 31: Diseño de investigación	91
Figura 32: Recolección de datos.....	97
Figura 33: Procedimiento de recolección de datos	98
Figura 34: Ubicación de la cantera "H y S"	99
Figura 35: Granulometría del agregado	102
Figura 36: Material luego de tamizado	102
Figura 37: Llenado de recipiente	104

Figura 38: Apisonado	105
Figura 39: Colocación en el horno.....	106
Figura 40: Cono para densidad	107
Figura 41: Chatelier	107
Figura 42: Limpiado del material	110
Figura 43: Peso sumergido	110
Figura 44: Incrustación de piedras fotoluminiscentes.....	118
Figura 45: Curado de probetas.....	119
Figura 46: Compresión de probetas cilíndricas	119
Figura 47: Flexión de probetas viga	119
Figura 48: Lectura en fondo negro	121
Figura 49: Altura de la lampara 40 cm	121
Figura 50: Lectura de iluminación.....	122
Figura 51: Altura de sensor 20 cm.....	122
Figura 52: Logger pro.....	122
Figura 53: Pulverizado de material fotoluminiscente	123
Figura 54: Peso específico de las piedras fotoluminiscentes	124
Figura 55: Tamizado.....	125
Figura 56: Peso del material	125
Figura 57: Lectura de luz ultravioleta.....	126
Figura 58: Lectura de radiación	126
Figura 59: Colocación del material.....	127
Figura 60: Esfera de acero	127
Figura 61: Colocación de tapa	127
Figura 62: Tamizado con malla N°12.....	128
Figura 63: Iluminación nocturna	129
Figura 64: Recipiente cilíndrico	130
Figura 65: Lectura del recipiente cilíndrico.....	130
Figura 66: Campana de Gauss	136
Figura 67: Curva granulometría – ensayo 1.....	138
Figura 68: Curva granulométrica.....	139
Figura 69: Curva granulométrica del agregado grueso – Huso 57.....	140
Figura 70: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.	148
Figura 71: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	149
Figura 72: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.	150
Figura 73: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.	151
Figura 74: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	152
Figura 75: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.	153

Figura 76: Resultados según UNE 23035	158
Figura 77: Iluminación a 40 cm de altura	160
Figura 78: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.	169
Figura 79: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	170
Figura 80: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.	171
Figura 81: Comparación a distintas exposiciones	172
Figura 82: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.	173
Figura 83: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	174
Figura 84: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.	175
Figura 85: Ensayo de señalización fotoluminiscente UNE 23035	179
Figura 86: Lectura de iluminación a 40 cm	180
Figura 87: Resistencia a la compresión	182
Figura 88: Coeficiente de variación de la resistencia a la compresión	183
Figura 89: Resistencia a la flexión	184
Figura 90: Resistencia a la flexión	185
Figura 91: Coeficiente de variación de la resistencia a la flexión	186
Figura 92: Resistencia a la flexión	187
Figura 93: Correlación de resistencias ACI 318	188
Figura 94: Curva granulométrica	207
Figura 95: Curva granulométrica	208
Figura 96: Curva granulométrica	209
Figura 97: Curva granulométrica	210
Figura 98: Curva granulométrica	211
Figura 99: Curva granulométrica	212
Figura 100: Altura de la lámpara	214
Figura 101: Carga con lámpara halógena	214
Figura 102 : Medición dentro de la caja	215
Figura 103: Altura de 5 cm del sensor	215
Figura 104: Espesor de la capa de piedras fotoluminiscentes	217
Figura 105: Rango del sensor	217
Figura 106: Colocación de piedras fotoluminiscentes	218
Figura 107: Diferente tamaño de cajas	219
Figura 108: Caja recubierta con aluminio	219
Figura 109: Colocación de piedras fotoluminiscentes en base oscura	220
Figura 110: Altura de sensor 20 cm	222
Figura 111: Logger Pro	223
Figura 112: Equipos y medición	224
Figura 113: Caja 23 cm x 23 cm a 25 cm de altura del sensor.	225

Figura 114: Caja 19 cm x 19 cm a 25 cm de altura del sensor.	226
Figura 115: Caja 15 cm x 15 cm a 25 cm de altura del sensor.	227
Figura 116: Caja 23 cm x 23 cm a 20 cm de altura del sensor.	228
Figura 117: Caja 19 cm x 19 cm a 20 cm de altura del sensor.	229
Figura 118: Caja 15 cm x 15 cm a 20 cm de altura del sensor.	230
Figura 119: Caja 23 cm x 23 cm a 15 cm de altura del sensor.	231
Figura 120: Caja 19 cm x 19 cm a 15 cm de altura del sensor.	232
Figura 121: Caja 15 cm x 15 cm a 15 cm de altura del sensor.	233
Figura 122: Caja 23 cm x 23 cm a 10 cm de altura del sensor.	234
Figura 123: Caja 19 cm x 19 cm a 10 cm de altura del sensor.	235
Figura 124: Caja 15 cm x 15 cm a 10 cm de altura del sensor.	236
Figura 125: Caja 23 cm x 23 cm a 5 cm de altura del sensor.	237
Figura 126: Caja 19 cm x 19 cm a 5 cm de altura del sensor.	238
Figura 127: Caja 15 cm x 15 cm a 5 cm de altura del sensor.	239
Figura 128: Un cm de espesor de piedra fotoluminiscente.	240
Figura 129: Dos cm de espesor de piedra fotoluminiscente.	241
Figura 130: Tres cm de espesor de piedra fotoluminiscente.	242
Figura 131: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 20 min.	243
Figura 132: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.	244
Figura 133: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.	245
Figura 134: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.	246
Figura 135: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	247
Figura 136: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.	248
Figura 137: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 20 min.	249
Figura 138: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.	250
Figura 139: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 60 min.	251
Figura 140: Piedras fotoluminiscentes a 5 cm de altura del sensor.	252
Figura 141: Piedras fotoluminiscentes a 10 cm de altura del sensor.	253
Figura 142: Piedras fotoluminiscentes a 15 cm de altura del sensor.	254
Figura 143: Piedras fotoluminiscentes a 20 cm de altura del sensor.	255
Figura 144: Piedras fotoluminiscentes a 25 cm de altura del sensor.	256
Figura 145: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.	257
Figura 146: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.	258
Figura 147: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.	259
Figura 148: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.	260
Figura 149: Cantera H y S	264
Figura 150: En la cantera H y S	265
Figura 151: Entrada del laboratorio de concreto y estructuras - UPN	266

Figura 152: Modificación del agregado.....	267
Figura 153: Granulometría del agregado fino y grueso	268
Figura 154: Peso suelto y compactado del agregado fino.....	269
Figura 155: Peso compactado y suelto del agregado grueso.....	270
Figura 156: Peso específico del agregado grueso	271
Figura 157: Lavado del agregado fino	272
Figura 158: Peso específico del agregado fino	273
Figura 159: Elaboración de especímenes cilíndricos.....	274
Figura 160: Especímenes expuestas a resistencia a la compresión.....	275
Figura 161: Probeta después de ser sometida a la carga máxima	276
Figura 162: Elaboración de especímenes prismáticos	277
Figura 163: Especímenes antes de ser sometidos al ensayo de resistencia a la flexión	278
Figura 164: Colocación del espécimen de concreto	279
Figura 165: Rotura del espécimen	280
Figura 166: Especímenes después de ser sometidas a la resistencia a la flexión.....	281
Figura 167: Peso específico de la piedra fotoluminiscente.....	282
Figura 168: Granulometría de la piedra fotoluminiscente	283
Figura 169: Lectura según norma española 23035	284
Figura 170: Muestras para ensayo de luminosidad.....	285
Figura 171: Ejecución de los ensayos con supervisión del asesor	286
Figura 172: Ejecución del ensayo con apoyo del asesor.....	287
Figura 173: Lectura de luz.....	288
Figura 174: Muestras de piedra fotoluminiscente cargadas.....	289
Figura 175: Radiación de luz ultravioleta emitida por las lámparas y piedras fotoluminiscentes	290
Figura 176: Vigas con piedras fotoluminiscentes	290
Figura 177: Testigos con piedras fotoluminiscentes.....	290
Figura 178: Figuras realizadas con las piedras fotoluminiscentes	290

RESUMEN

El propósito de la presente investigación es determinar la iluminación de las piedras fotoluminiscentes incrustadas en el concreto convencional y evaluar la influencia en las propiedades mecánicas del mismo. Para los ensayos se elaboraron probetas patrón y probetas con una capa superficial de piedras fotoluminiscentes. Todos los ensayos se realizaron tomando en cuenta las recomendaciones de las Normas Técnicas Peruanas (NTP), Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el Instituto Americano del Concreto (ACI) y la Norma Española (UNE).

Los resultados experimentales demuestran que la iluminación de las piedras fotoluminiscentes no se ve afectada por el tiempo que estas se encuentran expuestas a la luz de las lámparas. En el caso de la resistencia a la compresión, las probetas patrón poseen una resistencia de $330.31 \pm 6.96 \text{ kgf/cm}^2$, mientras que la resistencia con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes alcanzó una resistencia de $331.85 \pm 4.77 \text{ kgf/cm}^2$. Respecto a la resistencia a la flexión los resultados arrojaron un valor de $45.78 \pm 2.06 \text{ kgf/cm}^2$ para las probetas patrón y $45.85 \pm 1.53 \text{ kgf/cm}^2$ para las probetas con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes, lo cual demuestra que no existe una disminución en las propiedades mecánicas del concreto debido a la presencia de las piedras fotoluminiscente. Por otro lado, la iluminación medida a las alturas de 15 cm y 40 cm es de $5.08 \pm 0.19 \text{ lux}$ y $4.32 \pm 0.19 \text{ lux}$ respectivamente. Para los ensayos de iluminación se han seguido las recomendaciones de la Norma Española. Por último, se realizaron siete ensayos adicionales de iluminación, un ensayo de luz ultravioleta y un ensayo dirigido al tiempo de descarga de las piedras fotoluminiscente. Los resultados demuestran que el concreto fotoluminiscente fabricado en este trabajo cumple con la iluminación mínima a los 10 minutos según la UNE 23035 y su tiempo de descarga es mayor a 8 horas.

ABSTRACT

The purpose of the present investigation is to determine the illumination of the photoluminescent stones in conventional concrete and to evaluate the influence on the mechanical properties of the same. For the tests, standard specimens and specimens were made with a surface layer of photoluminescent stones. All the tests are based on the recommendations of the Peruvian Technical Standards (NTP), Ministry of Transport and Communications (MTC), the American Concrete Institute (ACI) and the Spanish Standard (UNE).

The experimental results show that the illumination of photoluminescent stones is not affected by the time they are exposed to the light of the lamps. In the case of the compressive strength, the standard specimens have a resistance of $330.31 \pm 6.96 \text{ kgf/cm}^2$, while the resistance with incrustations of photoluminescent stones reached a resistance of $331.85 \pm 4.77 \text{ kgf/cm}^2$. Regarding the resistance to bending, the results showed a value of $45.78 \pm 2.06 \text{ kgf/cm}^2$ for the standard specimens and $45.85 \pm 1.53 \text{ kgf/cm}^2$ for specimens with photoluminescent stone incrustations, which shows that there is no decrease in the mechanical properties of concrete due to the presence of photoluminescent stones. On the other hand, the illumination measured at heights of 15 cm and 40 cm is $5.08 \pm 0.19 \text{ lux}$ and $4.32 \pm 0.19 \text{ lux}$ respectively. For lighting trials, the recommendations of the Spanish Standard have been followed. Finally, seven additional lighting tests, a UV radiation test and an essay directed at the discharge time of the photoluminescent stones were carried out. The results show that the photoluminescent concrete manufactured in this work meets the minimum lighting at 10 minutes according to UNE 23035 and its discharge time is greater than 8 hours.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad la preparación del concreto a nivel mundial esta cabalmente normalizada, pues es el material más significativamente utilizado en la construcción alrededor del mundo (Cuéllar Yáñez, 2018). Motivo por el cual la industria de la construcción se ha mostrado con una visión preocupada de desarrollar concreto con mejor desempeño, de manera técnica, económica y además ecológica.

Si consideramos que la fracción de flujo reflejada por el suelo es aproximadamente 10% del flujo total emitido por una luminaria, se tiene que, por cada 100 lm desde una luminaria, 10 lm son reflejados irremediamente. Por ejemplo, 3 lm son emitidos directamente hacia el cielo desde la luminaria (Dispersión de luz en la atmósfera =3%), el flujo hemisférico superior sería unos 13 lm, lo que supone un aumento de contaminación lumínica al tener una dispersión de luz del 30 % (Ponce ,2014). Siendo así que se busca nuevas cualidades al concreto, para que estos contribuyan al ahorro energético y a su vez disminuir las emisiones contaminantes.

La transición a los LED para la iluminación en exteriores son los ahorros en costos y las reducciones en el consumo de energía. Esto se ha cumplido en diversas ciudades que han cambiado luces de alumbrado público a LED disminuyendo el brillo visto desde el espacio indica un ahorro de energía local. Pero en la escala global, esta disminución se ve superada por el aumento de luminosidad en otras áreas, debido a la instalación de iluminación adicional. La luz artificial es un contaminante ambiental el cual amenaza al 30% de vertebrados y a más del 60% de invertebrados nocturnos; además la luz artificial al aire libre también afecta a las plantas, microorganismos y la salud humana (Kyba, et al., 2017).

El crecimiento de la iluminación se ha producido en América del Sur, África y Asia creyendo que por el uso de luces LED ahorrarían energía; no mostraron ninguna disminución aparente

es sus tasas de contaminación lumínica, por el contrario, el uso de estas fuentes de energía ha favorecido al impresionante aumento de contaminación lumínica; un equipo de científicos halló que la iluminación artificial de exteriores en la tierra se incrementó en un 2,2% cada año entre el 2012 y 2016 según se publicó en la revista Science Advances (Ong, 2017).

En España se está promoviendo al mercado un producto llamado “Smart Glow Road”; el cual toma función de señalización sostenible con un sistema de ultra fotoluminiscencia, mediante el cual acumula luz en periodos cortos y los emite en la oscuridad durante horas. La aplicación de este producto puede ser en concreto o como decoraciones en las peceras, piscinas, etc. Disponen de alianzas consolidadas con los mayores socios en la elaboración de materia prima fotoluminiscente, con mediciones reales y certificadas ya sea en potencia o duración de brillo (Hernández, 2017).

Por otro lado, en México se ha esbozado un nuevo tipo de cemento fosforescente; pues este mezclado con componentes para elaborar concreto permite iluminar ciclo vías, carreteras o edificios sin emplear energía eléctrica. Para la creación de este cemento usaron aditivos que evitan la formación de cristales creando un material amorfo que como el vidrio admite el paso de la luz al interior, esta alteración en la distribución microscópica hace que las propiedades estructurales del material también cambien y por ende no pueden tener los mismos usos que un cemento común (Carreño, 2016).

Además, en Reyno Unido una compañía británica llamada Pro-Tec desarrollo un producto llamado “Starpath”. Este producto tiene la facilidad de brillar en la oscuridad, pues este efecto se logra por sus principios básicos de la fosforescencia al ser rociado sobre cualquier superficie atrapa la energía de los rayos de luz y luego la libera de manera lumínica. (SPDnoticias.com, 2013).

En Perú, actualmente se desconoce sobre el concreto luminiscente ya sea en investigaciones o aplicaciones; pues no hay registro de que haya sido efectuado y/o aplicado en ninguna zona peruana. Además, ninguna empresa peruana brinda servicios sobre productos luminiscentes para concreto.

En Trujillo, se estima que se necesitará 25 millones 500 mil soles para la remodelación de las redes primarias y secundarias del sistema eléctrico solo del centro histórico, este monto elevado será necesario para que pueda ejecutarse el próximo año, cabe recalcar que esta remodelación será con lámparas LED en el casco monumental con 566 luminarias y 427 farolas. (RPP, 2017)

Las normativas y entidades que rigen los análisis de agregados, elaboración del concreto, análisis en su estado endurecido son los siguientes: para el estudio de los agregados que se emplearan en el concreto son las Normas Técnicas Peruanas (NTP), también se tendrá en consideración lo otorgado por el Instituto Americano del Concreto (ACI) el cual nos brinda los requerimientos básicos para la conformación y efectividad de un diseño de mezcla para concreto, además de la Sociedad Americana de Materiales de Prueba (ASTM) el cual sirve para comprobar la calidad de un concreto en estado endurecido.

Polonia y Arroyave (2016) determinaron que según los datos obtenidos refleja que, a mayor cantidad de material luminiscente, mayor es el porcentaje de luminosidad. Las relaciones entre el módulo de rotura obtenido y la resistencia a compresión se pueden describir de diversas maneras, la más usada se encuentra establecido por el Instituto Americano del Concreto (ACI).

De las dos relaciones asumidas, la expresión $f_r = k\sqrt{f_c}$ se acerca de manera más real a los resultados experimentales. La relación $f_r = k\sqrt{f_c}$ puede considerarse aceptable para valores de f_c hasta de 280 kgf/cm². Para valores de f_c mayores que 280 kgf/cm² no es recomendable asumir una relación entre f_r y f_c . (Cañas y Retana, 2015, p. 9).

En 2014, Granja encontró que el diseño del hormigón fluorescente $f'c=18$ Mpa con 30g de pigmento diseñado bajo la norma ACI 211.1 cumple la resistencia esperada a los 28 días, $f'c=17,6$ Mpa pero no cumple la luminosidad.

La empresa española “Luminiscente Canarias” tiene 2 años en el mercado como distribuidor de productos luminiscentes con su producto estrella “Smart Glow Roads” que en español sería “Brillo inteligente en carreteras”. La empresa solo hace envíos internacionales de sus productos por toneladas. Su página oficial es www.luminiscentecanarias.es, el número de administración es 928967181 y su oficina queda ubicada en C/El Cid, 27A (oficina interior) 35010 Las Palmas de Gran Canaria- España.

Por otro lado, tenemos a otra empresa española “Soluciones luminiscentes” también es una empresa líder en España con la fabricación de productos luminiscentes, con la mayor potencia lumínica y decenas de pigmentos y formatos exclusivos con amplia experiencia en el mercado internacional. Su página oficial es www.solucionesluminiscentes.com, el número de WhatsApp es 672426912 y su oficina queda ubicada en C/Adelfa 8 Polígono Industrial Malpica-Alfinden 50171 La Puebla de Alfinden (Zaragoza) - España.

Una prueba sobre cuán lejos hemos llegado en la destrucción del cielo nocturno con el resplandor lumínico es que, según calculan Falchi y sus colegas, la Vía Láctea ya no es visible para una tercera parte de la humanidad. Y las regiones más industrializadas se llevan la peor parte: un 60% de los europeos y un 80% de los norteamericanos ya no pueden ver la Vía Láctea por la noche. Sin embargo, no se limita a la observación astronómica; tal y como señalan Falchi y sus colegas, también afecta a la salud medioambiental y pública (BBC, 2016).

La luz LED blanca ha sido emparentada con variaciones en los patrones estándares de sueño, además que su resplandor afecta a la vista. La Asociación Médica Estadounidense anunció una

declaración de política oficial sobre el alumbrado público con luces LED, el cual recomendaba un nivel de radiación y temperatura del color que resulta menos perjudicial para la salud.

Hay evidencia creciente de la relación entre luz artificial en la noche, la disrupción circadiana, la neurohormona melatonina y la etiología estándar de cáncer de mama en la población. Se utilizaron diferentes estrategias para estudiar esta relación, incluyendo el uso de datos satelitales de luz artificial en la noche para detectar lugares altamente contaminados. En este estudio se evalúa la contaminación lumínica y su influencia en la morbilidad con respecto al cáncer de mama. Se realizaron mediciones de luz in situ en la longitud de carretera para correlacionar con el índice de morbilidad por tamaño del área estadística. Los resultados apoyan que la iluminación exterior nocturna está asociada con la cantidad de personas que adquieren cáncer de mama en un grupo de edad específico. Por lo tanto, mujeres que habían estado viviendo en áreas con niveles más altos de luz exterior presenta más índice de morbilidad de cáncer de mama por tamaño de su área estadística. Además, se recomienda una luz de exterior aproximadamente 16 lux a 140 cm de altura como la intensidad mínima para afectar los niveles de la neurohormona melatonina y la morbilidad de cáncer de mama. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se refiere al tiempo, la duración y el espectro de exposiciones. (Keshet, OrChen, Huber & Haim, 2016)

En diversos países desarrollados, como Estados Unidos, Italia y España que de por si son brillantes, el equipo también notó un incremento en la cantidad total de luz, a pesar de varias ciudades parecen estar “oscureciendo” al cambiar a la tecnología LED; a comparación de estos los Países Bajos manifestaron una estabilidad en los niveles de luz exterior, en el mismo periodo de tiempo. El equipo de estudio agregó que un aumento constante en el empleo de luces de bajo consumo que son baratas y de eficaz acceso, dará como resultado una mayor contaminación lumínica (Morrison, 2017).

La construcción sostenible o la utilización racional de los recursos naturales disponibles para la construcción, el reciclaje, la reutilización y la recuperación de materiales; y un diseño y proceso constructivo que minimice los impactos ambientales, conllevan a un cambio de mentalidad en la industria de la construcción. En este mismo sentido, la tecnología del concreto responde con las características de sostenibilidad que potencian al material en un nuevo mercado, mejorar las condiciones medioambientales y ahorrar recursos; esta visión incluye tanto la energía, el agua y los materiales, así como los sistemas o estrategias que inciden sobre el concepto global de calidad. La tecnología del concreto y el mejoramiento de las condiciones medioambientales se acoplan en el concreto luminiscente, material compuesto por una matriz de cemento y un agregado como refuerzo, con la principal característica: Permitir la absorción de energía solar durante el día y emitirlo durante la noche.

La presente investigación nace de un esquema problemático sobre la contaminación lumínica y la señalización nocturna; se busca demostrar que el material empleado (piedras fotoluminiscentes) unido con el concreto convencional no contamina y no emite radiación UV (Ultravioleta), posee propiedades mecánicas que cumple con los requisitos de las NTP y cumple con los estándares de señalización fotoluminiscente según la UNE.

Esta investigación va de la mano con la conservación de energía renovable favoreciendo significativamente la salud, la economía a largo plazo y al uso de recursos medioambientales, disminuyendo el uso de iluminación artificial que contribuye con la contaminación lumínica y genera pérdidas económicas.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la incrustación de piedras fotoluminiscentes en la iluminación y propiedades mecánicas del concreto convencional, Trujillo-2018?

1.3. Justificación

Lo que se busca realizar con el presente proyecto de investigación es un diseño de concreto luminoso que sea empleado para aplicar en superficies de usos diversos, ya sea peatonal, ciclismo, vehicular y además para decorativos, la necesidad principal de realizar el proyecto surgió por la situación actual en la que se encuentra la ciudad de Trujillo, pues sus habitantes desconocen dos aspectos importantes; las consecuencias que conllevan el uso excesivo de iluminación LED (Diodo emisor de luz) y el desinterés por parte de los profesionales sobre la Ingeniería sostenible; lo beneficioso que este puede ser para la comunidad. Los beneficiados de modo directo será las empresas privadas, entidades públicas contratantes y los beneficiados de modo indirecto serán la población.

Las piedras fotoluminiscentes en el concreto representan un diseño destinado de manera principal a las áreas de ciclismo y uso peatonal, pues este además de reducir el uso de iluminaciones LED, tiene como objetivo disminuir el índice de muerte en las carreteras por falta de señalización visible que esté al alcance de los conductores, pues en su mayoría las áreas de ciclismo solo llevan señalización vertical y en varias zonas no presenta. Además, también representa una mejora en la calidad de vida de las personas debido a que una excesiva iluminación que perjudica la salud de los seres vivos.

Todos los beneficios llevan a un uso más efectivo del concreto pues la piedra fotoluminiscente es un material ecológico y eficiente. Con la incrustación de piedras fotoluminiscentes en el concreto se busca incrementar la vida activa de los seres humanos de manera nocturna, además de favorecer a la sostenibilidad urbana y rural; reduciendo la contaminación lumínica, optimando de la eficiencia energética y la disminución de la huella de CO₂.

La presente investigación es innovadora y contribuirá en el conocimiento de futuros tesis sobre el concreto luminiscente dando pase a una mejora continua sobre el proyecto pues con exploraciones previas se pueden desarrollar nuevas innovaciones.

Debido a que la Norma Técnica Peruana presenta una ausencia de requisitos mínimos en material fotoluminiscente se realizó un conjunto de ensayos previos al equipo con el cual se ejecutó las mediciones al material fotoluminiscente, con la finalidad de poder garantizar los resultados obtenidos. Inculcando de este modo la ejecución de ensayos preliminares para asegurar que los resultados se encuentran en un rango de confianza.

1.4. Limitaciones

Para el desarrollo del presente proyecto, se presentaron ciertas limitaciones entre ellas están:

La piedra fotoluminiscente es un material que no se encuentra en el mercado peruano lo cual conlleva a realizar pedidos del extranjero, donde el insumo tiene un precio de venta y costo de envío elevado. Además de que no se realizan pedidos en pequeñas cantidades sino por lo contrario en cantidades grandes; para esto se investigó sobre otras opciones de empresas que si puedan hacer envíos de la cantidad necesaria. Cabe recalcar que para los costos elevados la empresa que ofrece su producto asegura que es más económico adquirir el producto en mayores cantidades.

La Norma Técnica Peruana carece de información necesaria para los estudios con respecto a señalizaciones fotoluminiscentes, por lo cual se requiere emplear normas extranjeras donde se tenga un conocimiento más amplio sobre el tipo de material fotoluminiscente que se utiliza.

También durante la aplicación de la Norma Española (UNE) 23035, se recomienda el uso de equipos como fotómetros especiales y bombillas de xenón de 150 watts con la capacidad de emitir 1000 lux de iluminación. Por lo que para la presente investigación se utilizaron equipos similares que se asemejen a las capacidades de los equipos originales.

Otra de las limitaciones fue la falta de trabajos de investigación realizados similares al presente proyecto o empleando el mismo insumo; por ello fue necesario buscar información de las empresas que tienen actualmente el producto en el mercado y posterior a ellos establecer comunicación con los proveedores para de este modo tener un conocimiento más amplio de los componentes y características del material.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la influencia de las piedras fotoluminiscentes en la iluminación y propiedades mecánicas del concreto convencional.

1.5.2. Objetivos específicos

- Medir la iluminación de las piedras fotoluminiscentes, a distintas exposiciones de luz y tiempos de carga.
- Determinar la radiación ultravioleta emitida por las piedras fotoluminiscentes a la exposición de luz artificial.
- Obtener el desgaste de las piedras fotoluminiscentes mediante el ensayo de abrasión de los ángulos establecido por la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.019.
- Estimar el tiempo de descarga luminosa de las piedras fotoluminiscentes.
- Establecer la iluminación de la materia prima fotoluminiscente empleando las recomendaciones de la Norma Española (UNE) 23035.
- Determinar la iluminación emitida por la incrustación de piedras fotoluminiscentes en el concreto.
- Comparar la resistencia a la compresión (NTP 339.034) y la flexión (NTP 339.078) de las probetas con piedras fotoluminiscentes vs las probetas patrón.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- Título: “ALTERNATIVA LUMINISCENTE PARA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL”, Polonia y Arroyave (2016) identificaron mediante ensayos de laboratorio la capacidad de carga lumínica. Por lo que realizaron pruebas de carga y descarga que consistieron en dejar briquetas expuestas al ambiente durante un tiempo determinado para luego ubicarlas en un lugar con ausencia de cualquier manifestación de luz, de esta manera se midió la capacidad de carga y descarga que tuvo cada material al comparar los datos arrojados entre el tiempo que estuvieron estimuladas con fenómenos de luz y la iluminación que alcanzaron a mantener activa en el espacio oscuro. Es así como se determinó que esta pintura es la óptima para usar en la señalización horizontal culminando el proyecto. Con los datos de la ciudad de Florencia permitió concluir que el porcentaje promedio de descarga es de un 92,23% y 94,38% con respecto al tiempo de carga, esto indica que las mezclas funcionan únicamente con luz artificial. El siguiente estudio aporta como dato importante el comportamiento de la materia fotoluminiscente (pigmento) en cuanto al tiempo de descarga pues por el porcentaje obtenido de 92.23% y 94.38% da a conocer que el tiempo de descarga es similar al tiempo de carga.

- Título: “DISEÑO DE UN HORMIGÓN FLUORESCENTE PARA LA SEÑALIZACIÓN DE VÍAS TERRESTRES”, Granja (2014) determina la fluorescencia del hormigón mediante ensayos en el laboratorio para comprobar su luminosidad. Para el planteamiento de las concentraciones de pigmento fluorescente a utilizar en la investigación, se ha tomado como punto de partida pequeñas cantidades de pigmento y se seguirá aumentando a partir de 30g, 60g, 90g, 100g, 150g, 200g, y 500g. Se evaluará estas cantidades sin variar la dosificación del hormigón. El hormigón

fluorescente diseñado no es estructural toma tonalidad con 90g de pigmento y se puede utilizar como hormigón ornamental en camineras, piletas, bancas, jardinerías, paisajismos.

La investigación descrita da a conocer que el pigmento fotoluminiscente mezclado en el hormigón (concreto) solo puede ser empleado para diseños no estructurales a pesar que la cantidad de pigmento empleado tiene un mínimo de 30 g.

- Título: “ESTUDIO DE UN COMPUESTO CEMENTANTE FOTOLUMINISCENTE Y SU APLICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN”

Flor, Santamaria, y Carpio (2018) Determinan la iluminación producida por la inclusión de aluminato de estroncio co-dopado con europio y disprosio en mezclas a base de cemento portland. Para lo cual se varió el porcentaje de aluminato de estroncio en porcentajes de 5%, 6%, 7%, 8% y 9%. Determinado que la mezcla M3 es la que presenta mayor intensidad lumínica al igual que las mejores propiedades mecánicas, se realiza la prueba de luminiscencia de acuerdo a la normativa ASTM E2073-10, en 5 especímenes de 15 centímetros por 15 centímetros para lo cual su valor de luz emitido es de 10 lux, y en unidades de candela resulta 1.6 cd/m^2 o 1600 mcd/m^2 . La luminiscencia en los CCF no depende del espesor de la muestra colocada si no del área que esta posee y el contenido de aluminato de estroncio.

La anterior investigación aporta con el comportamiento que posee el aluminato de estroncio es un factor importante en la iluminación de materia fotoluminiscente pues en la evaluación a los 5 especímenes los testigos otorgaron un resultado igual a 1600 mcd/m^2 en la muestra M3 con un porcentaje de 7% de aluminato de estroncio.

- Título: “INFLUENCIA DE ACERO TREFILADO Y PLASTIFICANTE EN EL MEJORAMIENTO DE FLEXIÓN Y COMPRESIÓN DEL CONCRETO USADO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS, TRUJILLO, 2018”

Aureliano (2018) determina la influencia del acero trefilado y el plastificante sobre el concreto para mejorar la resistencia a la flexión y compresión. Para la ejecución de la investigación se utilizó agregados extraídos de la cantera “HyS” para un diseño de concreto de 280 kg/cm^2 . De esta manera se obtuvo una resistencia a la compresión de 320 kg/cm^2 en el concreto convencional y 44 kg/cm^2 en el ensayo de resistencia a la flexión del concreto convencional. Por la zona de la cual fue extraída el agregado empleado en la elaboración de testigos de concreto. La investigación es utilizada como referencia de la resistencia obtenida 320 kg/cm^2 en compresión y 44 kg/cm^2 a flexión en el concreto con la finalidad de obtener valores similares.

- Título: “ESTABLECIMIENTO DE UNA RELACIÓN ENTRE EL MÓDULO DE RUPTURA (f_r) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f'_c) PARA MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL SALVADOR”,

Cañas y Retana (2015) diseñan una mezcla de concreto determinando la combinación más práctica y económica de los materiales que lo constituyen, para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso a que será sometido, La investigación se llevó a cabo utilizando cemento Tipo HE, fabricado por CESSA (Cemento de El Salvador) bajo la norma ASTM C-1157. Para cada combinación se diseñaron tres mezclas de concreto utilizando grava N° 2, un revenimiento de $2'' \pm 1''$ y relaciones agua cemento (A/C) de 0,4, 0,5 y 0,60 respectivamente. De las dos relaciones asumidas, la expresión $f_r = k\sqrt{f'_c}$ se acerca de manera más real a los resultados experimentales. La relación $f_r = k\sqrt{f'_c}$ puede considerarse aceptable para valores de f'_c hasta de 280 kgf/cm^2 . Para valores de f'_c mayores que 280 kgf/cm^2 no es recomendable asumir una relación entre f_r y f'_c .

Este estudio aporta conocimiento sobre la correlación que existe entre la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión del concreto el cual es empleado para diseños hasta los 280

kgf/cm. Además, describe que si la correlación (valor “k”) no se encuentra dentro de lo establecido por la ACI 318 entonces significa que el agregado no corresponde a los parámetros que el ACI utilizó al momento de manufacturar el concreto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Materiales

2.2.1.1. Cemento

2.2.1.1.1. Material cementoso

Se puede considerar cemento a cualquier sustancia que aglutine materiales. Existen varios tipos de cementos, pero en el rubro de la construcción la denominación “Cementos” da referencia a agentes que se mezclan con agua u alguna sustancia líquida, o como también se puede usar ambos, para conseguir una mezcla aglutinante inicialmente, una masa de partículas cubierta con la pasta está en estado plástico y puede conformarse, o moldearse, en varias formas. Esta mezcla puede tenerse por material cementoso porque puede aglutinar otros materiales. Después de tiempo, la pasta fragua y endurece debido a sus reacciones químicas. Se obtiene mortero cuando las partículas son agregados finos, por otro lado, se obtiene concreto cuando son agregados finos mezclados con gruesos (Merritt, Loftin, & Ricketts, 1999).

2.2.1.1.2. Cemento hidráulico

Se denomina cemento hidráulico al material compuesto principalmente de silicato hidráulico de calcio; estos fraguan y se endurecen por la reacción química con el agua. Durante la reacción, llamada hidratación, el cemento se combina con el agua para formar una masa similar a una piedra, llamada pasta. Cuando se adiciona cemento y agua a la arena y grava, piedra triturada, piedra machada, pedrejón u otro material granular, la pasta actúa como un adhesivo

y uno los agregados para formar el concreto, el material de construcción más versátil y más usado en el mundo (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004).

2.2.1.2. Agregados

Son materiales naturales o artificiales, dependiendo su origen. Se definen como aquellos materiales inertes que tienen una resistencia propia suficiente que es la resistencia del grano, pues este no perturba ni afecta el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico y garantizan una adherencia con la mezcla endurecida (Sánchez, 1997).

2.2.1.2.1. Clasificación de agregados para concreto

Existe una gran variedad de material granular que se incorpora al concreto haciendo más difícil la expresión de una definición por completo satisfactoria de agregado, clasificándose de la siguiente manera:

- **Por su procedencia**

- **Naturales:** Se forma a través de los años por procesos geológicos.
- **Artificiales:** Son considerados a todos los tipos de agregados distintos a los agregados naturales. Entre ellos están la arcilla horneada, escoria de siderúrgica, hormigón reciclado, piedra chancada, polímeros, etc.

- **Por su tamaño**

- **Agregado grueso:** Aquí se encuentra la desintegración de las rocas naturales que puede ser de forma natural o artificial, siendo el más usado y a su vez el más común la “Grava”; este se encuentra retenido por el tamiz N°4 DE 4.755mm de abertura.

- **Por su gravedad específica**

(Quiroz & Salamanca, 2006)

Según su peso específico los agregados se dividen de la siguiente manera:

- **Agregados ligeros:** $G_s < 2.5$. Los agregados ligeros, como la arcilla esquistosa y la expandida, la escoria expandida, la Vermiculita, la Perlita, la Piedra Pómez y las Cenizas, se utilizan para producir hormigón aislante, para unidades de mampostería o estructural ligero que pesa entre 400 y 2000 kgf/m^3 .
- **Normales:** $2.5 < G_s < 2.75$. Los materiales principales que se usan en el hormigón de peso normal, por lo común de 2300 a 2500 kgf/m^3 . Incluyen las arenas y gravas, roca triturada y escoria siderúrgica. Las rocas trituradas de uso más común son el Granito, Basalto, Arenisca, Piedra Caliza y Cuarzita.
- **Pesados:** $G_s < 2.75$. Los agregados pesados, como la Magnetita, la Barita o el Hierro de desecho, se usan para producir hormigón de 2900 a 3500 kgf/m^2 . Utilizado para blindaje contra la radiación y para contrapeso de hormigón (Quiroz & Salamanca, 2006).

Además, la roca se puede clasificar según su resistencia (ver Tabla 1) de la siguiente manera:

Tabla 1: Resistencia a la compresión simple

Descripción	Resistencia a la compresión simple kgf/cm^2
Resistencia muy alta	>2250
Resistencia alta	1120-2250
Resistencia media	560-1120
Resistencia baja	280-560
Resistencia muy baja	<280

Fuente: Gutiérrez, 2013

2.2.1.2.2. Ensayos para el agregado

2.2.1.2.2.1. Contenido de humedad

La humedad evaporable es denominada a toda aquella que es superficial y se encuentra dentro de los poros internos del agregado, no se contempla aquella humedad que no es evaporable (NTP 339.185, 2013).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado” el peso del agregado grueso a ensayar tiene valores mínimos (ver Tabla 2).

Tabla 2: *Tamaño de la muestra del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal del agregado en mm (in)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4.75 (0.187)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (0.492)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1 ½)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2 ½)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3 ½)	16.0
100.0 (4)	25.0
150.0 (6)	50.0

Fuente: NTP 339.185, 2013

$$P = \frac{100*(W-D)}{D}$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%).

W = Masa de la muestra húmeda original (kg).

D = Masa de la muestra seca (kg).

2.2.1.2.2.2. Granulometría

La granulometría es aplicada para hallar la gradación de los agregados que están siendo usados como tales. Los resultados sirven para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con las exigencias en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos que serán necesitados para controlar la producción de agregados (MTC, 2016).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global” la muestra a analizar posee un peso mínimo (ver Tabla 3); el agregado fino en términos generales se recomienda utilizar 500 g.

Tabla 3: *Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o global*

Tamaño máximo nominal de abertura cuadradas en	Cantidad de la muestra de ensayo mínimo en kg
mm (in)	(lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012, 2013

La Norma Técnica Peruana (NTP) 400.037 “Especificaciones normalizadas para agregados en concreto”, muestra los requerimientos granulométricos que debe cumplir el agregado empleado para la manufacturación de concreto (ver Tabla 4 y 5).

Tabla 4: *Granulometría del agregado fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8 in)	100
4,75 mm (No. 4) 95 a 100	4,75 mm (No. 4) 95 a 100
2,36 mm (No. 8) 80 a 100	2,36 mm (No. 8) 80 a 100
1,18 mm (No. 16) 50 a 85	1,18 mm (No. 16) 50 a 85
600 µm (No. 30) 25 a 60	600 µm (No. 30) 25 a 60
300 µm (No. 50) 05 a 30	300 µm (No. 50) 05 a 30
150 µm (No. 100) 0 a 10	150 µm (No. 100) 0 a 10

Fuente: NTP 400.037, 2014

Tabla 5 : *Granulometría del agregado grueso*

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 in)	90 mm (3 1/2 in)	75 mm (3 in)	63 mm (2 1/2 in)	50 mm (2 in)	37.5 mm (1 1/2 in)	25.0 mm (1 in)	19.0 (3/4 in)	12.5 mm (1/2 in)	9.5 mm (3/8 in)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 1/2 in a 1 1/2 in)	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	63 mm a 37,5 mm (2 1/2 in a 1 1/2 in)			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	50 mm a 25,0 mm (2 in a 1 in)				100	95 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	50 mm a 4,75 mm (2 in a No. 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 in a 3/4 in)					100	90 a 100	20 a 55	0 a 5		0 a 5				
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 in a No. 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
5	25,0 mm a 12,5mm (1 in a 1/2 in)						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 in a 3/8 in)						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5			
57	25,0 mm a 4,75mm (1 in a No. 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 in a 3/8 in)							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5			
67	19,0 mm a 4 mm (3/4 in a No. 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 in a No. 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5		
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 in a No. 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 in a 3/8 in)									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037, 2014

2.2.1.2.2.3. Gravedad específica

La gravedad específica es la característica en su mayoría utilizada para calcular el volumen que ocupa el agregado en distintas mezclas que contienen agregados, a esto se incluye el concreto de cemento Portland, concreto bituminoso y otras mezclas que son proporcionadas o analizadas sobre una base de volumen absoluto. La gravedad específica también es utilizada en el cálculo de los vacíos en su conjunto en la NTP 400.036, además que la gravedad específica es utilizada si el agregado está húmedo, es decir, si su absorción se ha cumplido. Por el contrario, la gravedad específica se utiliza para los cálculos cuando el agregado está seco o se supone que está seco (NTP 400.021, 2013). Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 recomienda pesos mínimos para ser ensayados y determinar la gravedad específica (ver Tabla 6).

Tabla 6: Masa mínima para agregado grueso

Tamaño máximo nominal de agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso norma (kg)
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1.1/2)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2.1/2)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3.1/2)	16.0
100.0 (4)	25.0
150 (6)	50.0

Fuente: MTC, 2016

$$\text{Gravedad específica} = \frac{A}{(B-C)} \times 100$$

Donde:

A = Masa de la muestra secada al horno en aire (g).

B = Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca (g).

C = Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua (g).

Según la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 “Peso específico y absorción del agregado fino” las fórmulas para calcular la gravedad especifican son las siguientes:

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

Donde:

P_{em} = Peso específico de masa (g).

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

V = Volumen del frasco (cm^3).

V_a = Peso en gramos (g) o volumen (cm^3) de agua añadida al frasco.

2.2.1.2.2.4. Absorción

La absorción se utiliza para calcular el cambio de masa de un agregado; esto se debe a que el agua es absorbida y retenida en los espacios vacíos de los poros dentro de las partículas constituyentes, en comparación con la condición seca, es decir cuando el agregado a estado el tiempo suficiente en contacto con el agua para que así pueda cumplir con la mayor parte del potencial de absorción.

Después de sumergir el agregado seco durante un periodo de tiempo definido se obtiene el estándar de laboratorio para la absorción. Aquellos agregados que son extraídos del mapa de agua usualmente tienen contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método de ensayo, si se determina sin oportunidad de secarlos antes de su uso. Por el contrario, algunos agregados es muy probable que tengan una cantidad de humedad absorbida menor de la condición de remojo por 24h y esto se debe a que algunos agregados no se han mantenido

continuamente en su condición húmeda hasta su uso. Para un agregado que ha estado en contacto con el agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina por secado mediante la deducción de la absorción a partir del contenido total de humedad determinado por la NTP 339.185 (NTP 400.021, 2013).

La Norma Técnica peruana (NTP) 400.021 recomienda pesos mínimos (ver Tabla 7) y fórmulas para determinar la absorción del agregado grueso (piedra).

Tabla 7: *Peso mínimo para ensayo de absorción-agregado grueso*

Tamaño máximo nominal en mm (in)	Masa mínima de muestra de ensayo en kg (lb)
12.5 (1/2)	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 ½)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 ½)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 ½)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Fuente: NTP 400.021, 2013

$$\text{Absorción \%} = \left(\frac{B-A}{A} \right) * 100$$

Donde:

A = Masa de la muestra secada al horno (g).

B = Masa de la muestra saturada seca en aire (g).

La Norma Técnica peruana (NTP) 400.022 para agregado fino (arena) recomienda las siguientes fórmulas para determinar la absorción.

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100$$

Donde:

Ab = Absorción del agregado (%)

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

2.2.1.2.2.5. Peso Unitario

El peso unitario también puede ser utilizado para las determinaciones de las relaciones masa/volumen para conversiones en investigación de mediciones de campo. Sin embargo, las relaciones entre el grado de compactación de agregados en una unidad de transporte o depósito logrado en esta técnica de ensayo son desconocido. Asimismo, los agregados en unidades de transporte y depósitos usualmente contienen humedad superficial o absorbida que consecutivamente afectan la masa, mientras este método de ensayo establece la densidad de masa sobre una base seca (NTP 400.017, 2011).

Los instrumentos a utilizar deben cumplir requerimientos que recomienda la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.017, en la sección de aparatos (ver Tabla 8).

Tabla 8: *Capacidad de los recipientes*

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del recipiente	
Mm	In	m ³	p ³
12.5	½	0.0028	1/10
25.0	1	0.0093	1/3
37.5	1 ½	0.0140	½
75	3	0.0280	1
100	4	0.0700	2 ½
125	5	0.1000	3 ½

Fuente: NTP 400.017, 2011

La NTP 400.017 también muestra las fórmulas necesarias para obtener el peso unitario de los materiales empleando los instrumentos descritos en ella, además de lo necesario para calibrar los instrumentos (ver Tabla 9).

Tabla 9: *Densidad del agua*

Temperatura		kg/m ³	lb/p ³
°C	°F		
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23.0	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.216
29.4	85	995.83	62.166

Fuente: NTP 400.017, 2011

$$M = (G-T) \times F$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado (kg/m³).

G = Peso del recipiente más el agregado (kg).

T = Masa del recipiente (kg).

F = Factor para el recipiente (1/m³).

2.2.1.2.2.6. Ensayo de abrasión

Este método de ensayo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones los cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo (ver Tabla 10 y 11) (NTP 400.019 002, 20002).

Tabla 10: *Carga de la muestra*

Gradación	Numero de esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Fuente: NTP 400.017, 2011

Tabla 11: *Gradación de las muestras de ensayo*

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado (g)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
1 1/2 pulg	1 pulg	1250±25	.....	.....	.....
1 pulg	3/4 pulg	1250±25	.....	.....	.....
3/4 pulg	1/2 pulg	1250±10	2500±10	.....	.....
1/2 pulg	3/8 pulg	1250±10	2500±10	.....	.....
3/8 pulg	1/4 pulg	.....	.....	2500±10	.....
1/4 pulg	N° 4	.....	.....	2500±10	.....
N°4	N° 8	.....	.....	.....	5000±10
Total		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: NTP 400.017, 2011

2.2.1.2.3. Sustancias perjudiciales

Las siguientes sustancias pueden perjudicar la calidad del agregado:

2.2.1.2.3.1. Contenido de materia orgánica

La materia orgánica es resultado de la descomposición de los vegetales y sustancias carbonosas, cuya composición química es ácido tánico y sus derivados conocidos con el nombre de humus. Cuando la presencia de humus es alta, especialmente en las arenas que por su tamaño suelen retener más materia orgánica, se impide total o parcialmente el fraguado del cemento (Gutiérrez, 2013).

2.2.1.3. Agua para la mezcla

Para fabricar hormigón es apropiada cualquier agua potable. Pero, además pueden ser adecuados algunos tipos de agua no potable. Comúnmente, los proveedores de los materiales utilizarán agua no procesada de la superficie o de pozos, si pueden obtenerla a un coste menor que el agua procesada. Sin embargo, las impurezas en el agua de mezcla pueden afectar al tiempo de fraguado del hormigón, a sus resistencias y su durabilidad a largo plazo. Asimismo, los iones de cloruro en el agua de mezcla pueden apresurar la corrosión de las armaduras de acero (Mamlouk & Zaniewski, 2009).

2.2.2. Fundamentos del concreto

2.2.2.1. Concreto

Se llama concreto a un material que es similar a la piedra, el material se origina al realizar una mezcla cuidadosamente (Nilson & Darwin, 2001) proporcionada de cemento, arena, grava, y agua; posteriormente esta mezcla se endurece tomando la forma y tamaño que se le proporcione en su estado fresco. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso. El cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida. Es preciso agregar agua, con el propósito de darle trabajabilidad a la mezcla, ya que este se necesita para la reacción química adecuada, que permita llenar las formaletas y rodear el acero de refuerzo embebido, antes de que inicie el endurecimiento.

2.2.2.2. Diseño

2.2.2.2.1. Método ACI 211.1

El Instituto Americano del Hormigón (ACI) exhibió, como efecto de extensas investigaciones y fundamentándose en los trabajos experimentales de Abrams, Richard y Talbot, Goldbeck y Gray, un método con resultados aceptables para hormigones con dos agregados, de masa unitaria entre los 2,0 Mg/m³ y los 2,5 Mg/m³ y con requisitos de resistencia menores a 42 MPa, los cuales son llamados usualmente concretos normales (Giraldo, 2006). Para el desarrollo del método ACI 211.1 primero se selecciona la resistencia a la compresión promedio considerando la resistencia requerida (ver Tabla 12)

Tabla 12: Resistencia requerida

Resistencia a la compresión (f'_c)	Resistencia a la compresión requerida (f'_{cr})
Menor a 210 kgf/cm ²	$f'_c + 70$
210 kgf/cm ² – 350 kgf/cm ²	$f'_c + 84$
Mayor a 350kgf/cm ²	$f'_c + 98$

Fuente: ACI 211.1, 2002

Posterior a ello se selecciona el asentamiento, el TMN del agregado y contenido de aire atrapado en porcentaje (ver Tabla 13).

Tabla 13: *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Fuente: ACI 211.1, 2002

Luego se selecciona la cantidad de agua en kg/m³ de concreto (ver Tabla 14)

Tabla 14: *Cantidad de agua con respecto al asentamiento*

Asentamiento	Agua en lt/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	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"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Fuente: ACI 211.1, 2002

Después se selecciona la relación a/c (por resistencia requerida f'cr) (ver Tabla 15)

Tabla 15: Relación a/c

f'c (Kgf/cm2)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	----
450	0.38	----

Fuente: ACI 211.1, 2002

Además, se halla el contenido de cemento con la siguiente fórmula:

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua}}{\left(\frac{a}{c}\right)}$$

Como siguiente paso se determina la suma de los volúmenes absolutos y se calcula el contenido de agregado grueso (ver Tabla 16).

Tabla 16: Volumen de agregado grueso

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino (m ³).				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1, 2002

Y para encontrar el peso seco del agregado aplicamos la siguiente fórmula:

- $\text{Peso seco AG} = \text{PUSC (AG)} \times \text{Factor AG}$

Luego se realiza el cálculo del volumen absoluto del agregado grueso:

- $\text{Volumen AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{\text{PeM AG}}$

Además, se calcula el contenido de agregado fino en su estado seco:

- $\text{Peso seco} = \text{Pem} \times \text{Volumen AF}$

Posterior a ello se realiza la corrección por humedad y absorción de los agregados y se calcula el aporte de agua a la mezcla, realizando la corrección por humedad y absorción de los agregados. Se culmina con la determinación del peso seco, peso saturado superficialmente seco y peso húmedo de la mezcla.

2.2.2.2.2. Dosificación

En la actualidad hay varios métodos para dosificar anticipadamente el concreto, pero solo sirven de orientación. Las proporciones adecuadas y finales de cada uno de los componentes se suele especificar mediante ensayos de laboratorio, realizando las correcciones respectivas a lo alcanzado en los métodos teóricos (Anaya & Chaoca, 2009).

2.2.2.2.3. Aspectos básicos a determinar

- **Selección del tipo de cemento:** se establece en función de las aplicaciones del hormigonado (en masa, armado, pretensado, prefabricado, de alta resistencia, desencofrado rápido, hormigonados en tiempo frío o caluroso, etc.) y del tipo de ambiente a que estará expuesto.
- **Tamaño máximo del árido:** Es conveniente que sea el mayor posible, pues a mayor tamaño menos agua necesitará ya que la superficie total de los granos de áridos a rodear será más

pequeña. Pero el tamaño máximo estará limitado por los espacios que tiene que ocupar el hormigón fresco entre dos armaduras cercanas o entre una armadura y el encofrado.

- **Consistencia del hormigón:** Se establece en función del tamaño de los huecos que hay que rellenar en el encofrado y de los medios de compactación previstos.
- **Cantidad de agua por metro cúbico de hormigón:** Conocida la consistencia, el tamaño máximo del árido y si la piedra es canto rodado o de machaqueo es inmediato establecer la cantidad de agua que se necesita.
- **Relación agua/cemento:** Depende fundamentalmente de la resistencia del hormigón, influyendo también el tipo de cemento y los áridos empleados.
- **Cantidad de cemento:** Conocida la cantidad de agua y la relación agua /cemento, determinamos la cantidad de cemento.
- **Cantidad de áridos:** Conocida la cantidad de agua y de cemento, el resto serán áridos.
- **Composición granulométrica del árido:** Consiste en determinar los porcentajes óptimos de los diferentes tamaños de áridos disponibles. Hay varios métodos, unos son de granulometría continua, lo que significa que interviene todos los tamaños de áridos, otros son de granulometría discontinua donde falta algún tamaño intermedio de árido.

2.2.2.3. Estados del concreto

2.2.2.3.1. Estado fresco

Se denomina concreto en estado fresco al transcurso donde el concreto se comporta como líquido (ver figura 1). El periodo en el que puede continuar en este estado dura aproximadamente de 1 a 3 horas, durante este estado se le puede calcular el grado de fluidez del hormigón, es decir la consistencia (Barreda, 2009).

Figura 1: *Concreto en estado fresco*



Fuente: PeruConstruye,2016

2.2.2.3.2. Estado endurecido

El concreto en estado endurecido presenta propiedades favorables que le dan pase a ser un material de uso masivo en las construcciones civiles. La durabilidad es la propiedad más significativa de este material; aunque siempre se toma mayor importancia en la resistencia, el motivo debe ser porque es más fácil de evaluar y resulta muy útil para los proyectistas, ya sea para el cálculo o diseño de una estructura de concreto armado (ver Figura 2).

Los procesos de deterioro del concreto y del acero de refuerzo ordinariamente se batallan en un ámbito que no incluye a los calculistas (Carrasco, s.f.).

Figura 2: *Columna de concreto*



Fuente: ARQHYS,2017

2.2.2.4. Preparación de testigos

Los moldes especificados en cada norma utilizada; mantendrán las dimensiones y forma bajo todas las condiciones de uso. La impermeabilidad de los moldes durante su utilización será calificada por su capacidad de retener agua contenida en ellos. Un sellante adecuado, como grasa gruesa, plastilina o cera micro cristalina, deberá ser utilizado cuando sea necesario prevenir la fuga entre las juntas; además tendrán medios efectivos para sujetar firmemente las placas de base a los moldes (ver Figura 3). Los moldes reusables deberán estar ligeramente revestidos con aceite mineral o un material desmoldante adecuado no reactivo, antes de su empleo (NTP 339.183, 2003).

Figura 3: *Especímenes de viga y cilíndrico*



Fuente: UTEST, 2018

2.2.2.4.1. Especímenes cilíndricos

Las dimensiones mínimas para un testigo cilíndrico deben ser de 2 pulgadas de diámetro por 4 pulgadas de largo (ver Figura 4), en cualquiera de los casos el largo se considera como 2 veces el diámetro del espécimen a evaluar; además se debe tomar en cuenta que el diámetro será por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso en el concreto. (NTP 339.033, 2015)

Figura 4: *Testigos cilíndricos*



Fuente: Revistacyt,2018

2.2.2.4.2. Especímenes viga

Los especímenes para determinar la resistencia a la flexión deben ser vigas de concreto vaciadas y fraguadas en posición horizontal (ver Figura 5). El número de vigas será establecido en las especificaciones de los ensayos; la longitud debe ser por lo menos 50 mm mayor que tres veces la altura del testigo. La relación entre el ancho a la altura de moldeado no debe exceder 1,5. La viga normal debe ser de 150 mm por 150 mm de sección transversal, y debe ser usada para concreto con agregado grueso de tamaño nominal máximo hasta de 50 mm. Cuando el tamaño nominal máximo del agregado grueso excede de 50 mm, la dimensión más pequeña de la sección transversal de la viga, debe ser por lo menos tres veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso. A menos que las especificaciones del proyecto lo requieran, los especímenes vigas elaborados en campo no deben tener un ancho o altura menor de 150 mm (NTP 339.033, 2015).

Figura 5: *Espécimen de concreto - viga*



Fuente: Unicon, 2018

2.2.2.5. Almacenamiento del espécimen

2.2.2.5.1. Almacenamiento inicial

Para prevenir la evaporación del agua del concreto no endurecido, deberán cubrirse inmediatamente los especímenes después de finalizado el moldeado, preferiblemente con un material no absorbente, no reactivo o con una lámina de plástico resistente, durable e impermeable. Los especímenes serán almacenados inmediatamente después del acabado hasta que se remuevan de los moldes para prevenir la pérdida de humedad. Seleccionar un procedimiento adecuado o una combinación de procedimientos que prevendrán la pérdida de humedad, absorción y reacción del concreto. Cuando se usa yute húmedo para cubrir, este no se deberá estar en contacto con la superficie de concreto fresco y se tendrá cuidado de mantener el yute húmedo hasta que el espécimen sea removido del molde. Colocar una lámina de plástico sobre el yute, para mantener la humedad. Proteger las superficies exteriores de los moldes de cartón del contacto con el yute húmedo u otras fuentes de agua durante las primeras 24 h

después del moldeo. El agua pueda causar la expansión de los moldes y el daño de los especímenes a edades tempranas (NTP 339.183 , 2003).

2.2.2.5.2. Ambiente de curado

A menos que se especifique lo contrario, todos los especímenes deberán ser curados con humedad y a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, desde el tiempo de moldeo hasta el momento del ensayo. El almacenamiento durante las primeras 48 horas de curado se harán en un ambiente libre de vibración. Para los especímenes desmoldados, el curado húmedo significa que estos deberán estar superficialmente libre de tanques de almacenamiento de agua de acuerdo a los requerimientos de la NTP 334.077. Cuando se utilizan tanques de agua (ver Figura 6), el agua deberá ser saturada con hidróxido de calcio (cal) para prevenir la carbonatación de los especímenes sumergidos. Los especímenes no deberán estar expuestos a goteo o flujos de agua. Los especímenes de concreto estructural ligero serán curados de acuerdo con la norma ASTM C 330 (NTP 339.183, 2003).

Figura 6: *Poza de curado*



Fuente: MannWeb, 2013

2.2.2.6. Ensayos

2.2.2.6.1. Ensayos en estado endurecido

2.2.2.6.1.1. Pruebas de resistencia a la flexión

Mientras se almacenan por un periodo mínimo de 20 horas inmediatamente previo a su ensayo deberán ser inmersas en agua saturada con hidróxido de calcio a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. El secado de las superficies deberá prevenirse al final del periodo de curado, entre el tiempo que el espécimen es retirado del curado hasta el momento que el ensayo se haya completado (NTP 339.059 , 2003) (ver Figura 7).

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

M_r = Es el módulo de ruptura (kgf/cm^2).

P = Carga máxima de rotura indicada en la máquina de ensayo (kgf).

L = Luz libre entre apoyos (cm).

b = Ancho promedio de la viga (cm).

h = Peralte promedio de la viga (cm).

Figura 7: Prensa hidráulica para resistencia a la flexión



Fuente: Ibertest, 2018

2.2.2.6.1.2. Pruebas de resistencia a la compresión

Para el siguiente método se requiere aplicar una carga de compresión en los cilindros a una velocidad que se encuentra en un rango prescrito hasta la falla o rotura del testigo (interna o externa). La resistencia a la compresión del espécimen (ver Figura 8) es calculada por división de la carga máxima que se alcanzó durante el ensayo, entre el área de la sección transversal del espécimen (NTP 339.034 , 2015).

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

Donde:

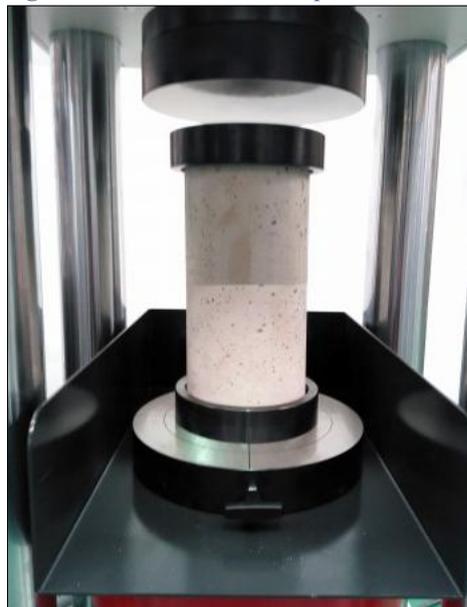
σ = Resistencia a la compresión ($\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$).

P = Carga máxima obtenida durante el ensayo (kgf).

A = Área transversal de la superficie donde ocurre el aplastamiento (cm^2).

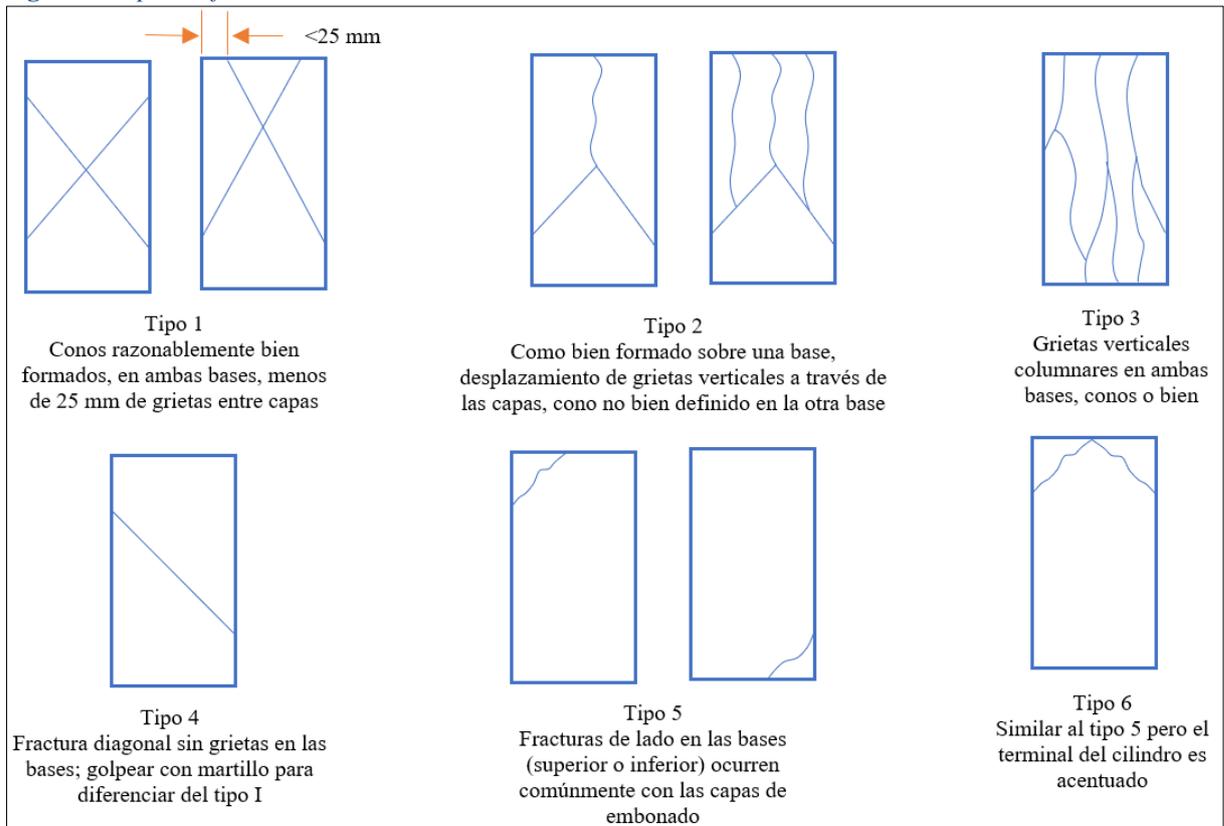
La Norma Técnica Peruana muestra seis tipos de fallas que se dan en probetas cilíndricas sometidas a compresión las cuales se muestran a continuación (ver Figura 8):

Figura 8: Prensa hidráulica para resistencia a la compresión



Fuente: Ibertest, 2018

Figura 9: Tipos de falla



Fuente: NTP 339.034, 2015

2.2.2.7. Factores que influyen en la resistencia del concreto

2.2.2.7.1. Materiales

Una mala variación o dosificación como se conoce en el mundo de la construcción puede ocasionar una disminución en su resistencia del concreto, además el mal estado de estos también juega un rol importante por lo que es necesario un control de calidad con personal calificado para evitar estos problemas.

2.2.2.7.2. Contenido del cemento

El cemento sirve como puente de adherencia entre agregados y es el material con más resistencia en el concreto, por lo cual el aumento de este insumo produce incremento en la resistencia, esto se puede observar en los primeros días de envejecimiento.

2.2.2.7.3. Agregados

Según las características de los agregados que influyen sobre la resistencia del hormigón son el tipo, la forma, textura, tamaño máximo, solidez, gradación y limpieza de la partícula.

- Tipo de agregado

Por lo general, el efecto sobre la resistencia del hormigón del tipo de agregado con peso normal, propiedades y gradación satisfactorias, es pequeño, debido a que los agregados son más fuertes que la pasta de cemento.

- Tamaño máximo

Conforme se aumenta el tamaño máximo del agregado en una mezcla de hormigón de un revenimiento dado, se disminuyen los contenidos de agua y de cemento, en kg/m^3 de hormigón

2.2.3. Fundamentos de la piedra fotoluminiscente

2.2.3.1. Piedras fotoluminiscentes

Se encuentra en forma de gránulos irregulares por rotura natural y se originan sobre la base de la mezcla de resina insaturada con un pigmento fotoluminiscente de larga duración (ver Figura 10). Por lo que consiguen brillar más de 8 horas después de absorber la luz durante 10-30 minutos, no es tóxico ni radiactivo y posee una excelente propiedad de resistencia a la intemperie. Además de una extensa aplicación como vía verde, camino en el jardín, pecera, base de flores, etc. (SOLUCIONES LUMINISCENTES S.L., 2018).

Figura 10: Piedras fotoluminiscentes



Fuente: Soluciones luminiscentes S.L.,2018

2.2.3.2. Historia de la luminiscencia

La luminiscencia de los sólidos fue descrita en 1603 por Vincenzo Cascariolo de Bolonia, quien calentó polvos de sulfato de bario mezclados con carbón de este modo obtuvo que la mezcla resultante en forma de torta brillaba en la noche el cual era visible al ojo humano. Además, también observó que la piedra aparentemente se “cargaba” de luz solar por el día y brillaba durante horas en la oscuridad. La piedra fue estudiada tiempo después por Galileo Galilei y Gulio Lagulla. En 1652, Nicolás Zucchi demostró, que el color de la luz emitida durante la noche era la misma que cuando la piedra era expuesta a luz blanca o de otros colores, como azul o verde. En 1640, Fortuni Liceti escribió la primera monografía acerca de la piedra de Bolonia a la que los griegos llamaban litosforo o piedra de fósforo, donde fósforo significa “dador de luz”. A partir de Cascariolo se designó el nombre de fosforescentes a las sustancias que presentaban la propiedad de brillar durante largo tiempo después de excitadas. El término “luminiscencia” fue usado por primera vez en 1888 por el físico Eilhardt Wiedermann, como “todos aquellos fenómenos de emisión de luz que no están únicamente condicionados por la

elevación en la temperatura”. Finalmente, las longitudes de onda pueden percibirse por el ojo humano y el material empieza a ser rojo caliente y finalmente blanco caliente. Esta propiedad es la incandescencia o “luz caliente” en contraste con la luminiscencia o “luz fría”. La luminiscencia, emisión de luz que experimentan ciertos materiales cuando están relativamente fríos, puede verse en lámparas de neón y fluorescentes; televisión, radar, pantallas fluoroscópicas de rayos X; sustancias orgánicas como el luminol, fluorescina, rodamina, etc. o animales como luciérnagas; ciertos pigmentos usados en publicidad exterior; y también fenómenos naturales eléctricos como relámpagos y las auroras boreales. En todos estos fenómenos, la emisión de luz surge del material estando a temperatura ambiente. La emisión de luminiscencia ocurre después de que un material apropiado haya absorbido energía procedente de una fuente de energía, que puede ser en forma de radiación de frecuencia alta en relación a la de emisión, es decir, ultravioleta o rayos X, o en otras formas, como haces de electrones, reacciones químicas, etc. La eficiencia de la luminiscencia depende del grado de transformación de la energía de excitación en luz (Perez, 2013).

2.2.3.3. Propiedades

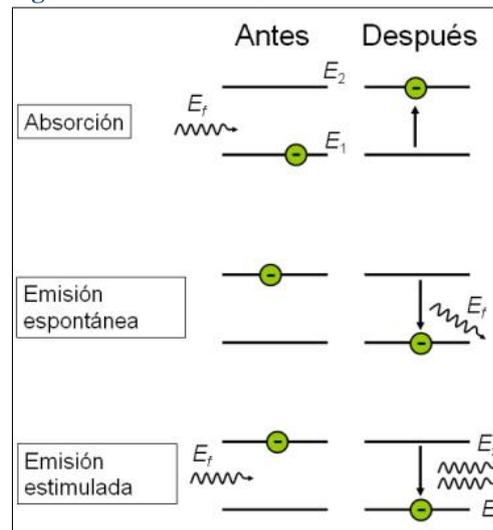
2.2.3.3.1. Fotoluminiscencia

La fotoluminiscencia es un tipo de luminiscencia que responde a la absorción de fotones (energía en forma de radiación electromagnética) procedente del rango ultravioleta-visible. A su vez esta puede ser fluorescente o fosforescente (Graciela, 2015).

Además, consiste en hacer que el material absorba energía en forma de luz y luego pueda emitirla también en forma de luz. En general se puede lograr haciendo que los electrones ganen o pierdan energía; los fenómenos pueden ocurrir de distinta manera (Figura 11). En el fenómeno de absorción o emisión espontánea se tiene dos niveles E_1 y E_2 ; cuando el fotón

(partícula de luz) llega separa los dos niveles provocando que el electrón pueda subir de un nivel a otro. Una vez que el electrón se encuentre en el nivel superior (estado excitado); por si solo puede descender a su posición inicial en el nivel inferior o a cualquier otro lado. Como tercera emisión se ubica la estimulada porque está detrás del funcionamiento de un láser provocando la interacción del electrón. En términos generales, la velocidad en la que el electrón regresa a su posición original determina si esta materia es fluorescente o fosforescente; pues un pase rápido se da entre 10^{-8} a 10^{-4} segundos por lo que cuando se retira la fuente de radiación tiende a no emitir luz alguna (Fluorescencia) (thetuzaro, 2012).

Figura 11: Fenómeno de luminiscencia



Fuente: Wordpress,2012

2.2.3.3.2. Fluorescencia y Fosforescencia

La fluorescencia es un proceso donde existe una des-excitación que origina emisión luminosa cuando existen mutaciones permitidas entre el estado excitado y el estado fundamental del material, con lo cual la manifestación se produce de forma simultánea a la absorción de la radiación. Por otra parte, en el proceso de fosforescencia la luminiscencia perdura una vez cortada la excitación debido a que el estado excitado es meta estable y la emisión se demora (ver figura 12) (Garcia & Correcher, 2015).

Figura 12: *Fluorescencia y fosforescencia*



Fuente: Globedia,2012

2.2.4. Términos básicos

2.2.4.1. Intensidad luminosa

Se denomina de esta manera al flujo emitido por un punto luminoso por unidad de ángulo sólido, su unidad más conocida es la candela (cd) (Antó & Tomás, 2006). El cual puede ser representado de la siguiente manera (ver Figura 13):

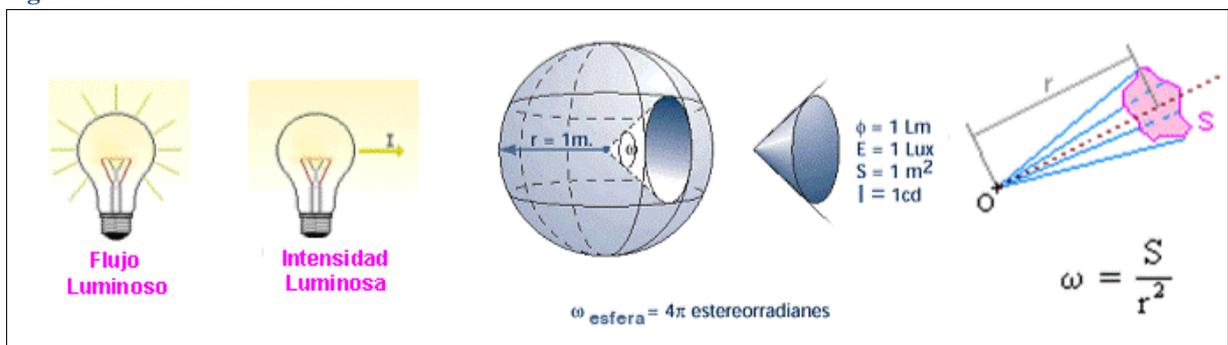
$$I = \frac{F}{\Omega}$$

Donde:

F = Flujo luminoso (lm).

Ω = Ángulo sólido (sr).

Figura 13: *Intensidad Luminosa*



Fuente: LuminoTech, 2017

2.2.4.2. Iluminación

De esta manera se denomina al flujo luminoso recibido por unidad de una superficie, la iluminación tiene se mide en lux el cual equivale a lúmenes por metro cuadrado (Antó & Tomás, 2006). Tal y como representa en la siguiente fórmula:

$$E = \frac{F}{S}$$

Donde:

F = Flujo luminoso (lm).

S = Área (m²).

2.2.4.3. Ley del cuadrado de la distancia

Esta ley de la fotometría establece que la iluminación es directamente proporcional a la intensidad de la luz y del mismo modo inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la superficie y la fuente (ver Figura 20) (Antó & Tomás, 2006). Tal fórmula se ve descrita a continuación:

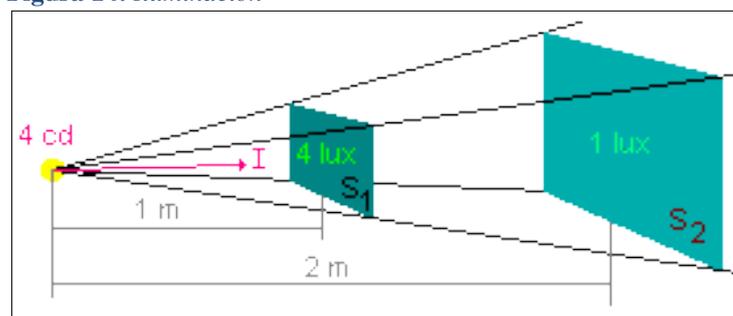
$$E = \frac{F}{r^2}$$

Donde:

F = Flujo luminoso (lm).

r = Radio (m).

Figura 14: Iluminación



Fuente: UPC,2018

2.2.4.4. Luminancia

Conocida también como la luz que es percibida por el ojo humano, se denomina luminancia a la relación que existe entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo humano en una dirección (ver Figura 21); su unidad de medida es candelas por metro cuadrado.

Su fórmula se denota de la siguiente manera:

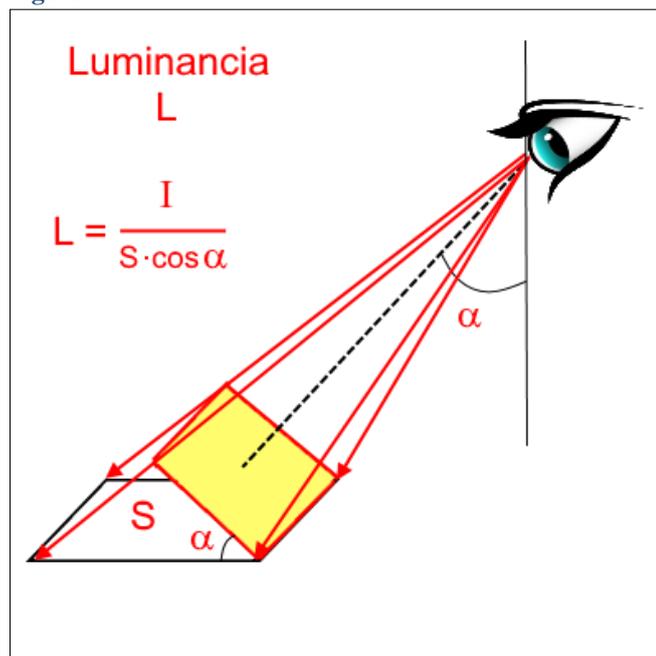
$$L = \frac{I}{S \text{ aparente}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$$

Donde:

S aparente = Área aparente (m²).

I = Flujo luminoso (cd).

Figura 15: Luminancia



Fuente: Becerril,2017

2.2.5. Componentes de la piedra fotoluminiscente

2.2.5.1. Resina de poliéster insaturado

El poliéster insaturado es un poliéster con parte alifática (cadena abierta de estructura molecular), aromática (propiedad de los hidrocarburos) y con la característica de poseer dobles

enlaces en su estructura, de lo cual se deriva su nombre insaturado y da lugar a la formación de un polímero termoestable. El poliéster forma cadenas de moléculas de ácidos y de alcohol mediante una reacción de condensación generando agua como subproducto. (Paniagua, Ossa, & Ruiz, 2008).

2.2.5.2. Pigmentos fotoluminiscentes

Los de estructura cristalina se crean a partir de elementos llamados "Tierras Raras" que son los Aluminatos de Europio o Estroncio desactivados. Su luminiscencia es +10 veces superior a la de los pigmentos convencionales (ver figura 16) a base de sulfuro de zinc (ARCOIRIS, s.f.).

Figura 16: *Pigmento fotoluminiscente*



Fuente: Luminiscentes Canarias,2018

2.2.5.2.1. Constituyentes

2.2.5.2.1.1. Aluminato de estroncio

Los fósforos de extensa duración como son los silicatos Eu y Dy (silicatos minerales) dopados de los aluminatos han atraído la atención de los investigadores esto se debe a sus buenas propiedades luminiscentes (ver Figura 17): larga duración resplandor residual, alta eficiencia cuántica y buena estabilidad química. El lapso de decaimiento de la luminiscencia varía dependiendo del tipo de aluminato, por ejemplo, $Al_{14}O_{25} : Eu, Dy$ es un fósforo con más de 20

hora después del brillo y el pico de luminiscencia es a 490 nm [2,3]. Las propiedades de los fósforos de aluminatos de estroncio dependen en gran medida de la preparación del material. Varios de los artículos describen los diferentes métodos de síntesis posibles de estos fósforos, es decir, el método de combustión, método de coprecipitación, método sol-gel, etc. El típico proceso de reacción en estado sólido ha sido usado intensivamente para la síntesis de fósforo, pero este proceso tiene algunas desventajas importantes. A menudo da como resultado una homogeneidad defectuosa debido a componentes sin reaccionar y requiere una alta temperatura de reacción para obtener altas velocidades de difusión, así como también pequeños tamaños de partículas en los materiales de partida para disminuir la difusión longitudinal. Además, para algunas aplicaciones son necesarios polvos de granos muy pequeños, pero, por desgracia, el grano tamaño de los polvos de fósforo preparados a través del método de reacción en estado sólido en varias decenas de micrómetros (Liepina, Smits, Millers, Grigorjeva, & Monty, 2012).

Figura 17: *Aluminato de estroncio*



Fuente: Amazon, 2017

2.2.5.2.1.2. Sulfuro de zinc

Se tiene conocimiento de numerosas aplicaciones del sulfuro de zinc en dispositivos electrónicos y electro-ópticos. De hecho, el ZnS es un importante semiconductor con muchas aplicaciones en dispositivos de pantallas planas, fotocatalisis y dispositivos electroluminiscentes, debido a su distinguible capacidad de transferencia foto-electrónica.

También, el ZnS en una solución sólida con CaS, ZnSe y pequeñas cantidades de activadores como Cu, Mn y Ag ha sido utilizado en las pantallas de televisión, pinturas fluorescentes y luminosas debido a sus propiedades fosforescentes (ver Figura 18) (López, 2009).

Figura 18: *Sulfuro de Zinc (ZnS)*



Fuente: Rincón Ciencia,2012

2.2.6. Concreto fotoluminiscente

Es designado a aquel concreto convencional que está modificado en sus particularidades con el propósito de añadirle propiedades luminiscentes. De esta manera, al absorber la energía solar durante el día este logra emitirlo en la noche (Ver Figura 19). Este material puede emplearse en cualquier superficie ya sea caminos, carreteras, pasos de cebra, bordes de piscinas, etc.; es capaz de resistir a la lluvia, el viento y además de ser antideslizante. (QUIENLOINVENTO, 2014).

Figura 19: *Concreto luminoso*



Fuente: Tus Buenas Noticias,2017

2.2.6.1. Proyectos

2.2.6.1.1. Polonia: ciclo vías

Lidzbark Warminski tiene una localidad polaca donde se ha inaugurado una vía para ciclistas y peatones el cual brilla en la noche, mezclando movilidad sostenible con eficiencia energética. Este camino está pavimentado de piedras azules que absorben luz solar durante el día y son capaces de liberarla durante la noche por un curso de 10 horas (Ver Figura 20). El tipo de luz que emite es más suave para la visión humana y para la naturaleza, haciendo mucho más visible la silueta de peatones y ciclistas para los conductores de la carretera paralela, siendo la seguridad vial un punto de preocupación en el entorno rural polaco. Lo que hace posible esta tecnología junto con sus beneficios fue diseñada por TPA Instytut Badan Technicznych, centro de desarrollo de materiales de pavimentación, e instalada por Strabag. La inspiración provino de la Van Gogh-Roosegaard, un ciclo vía similar abierta en 2014 en la localidad holandesa de Nuenen. La diferencia principal del proyecto polaco es que se ha complementado una vía exclusiva para peatones (NAIDER MOVILIDAD SOSTENIBLE , 2014).

Figura 20: *Ciclo vías luminosas*

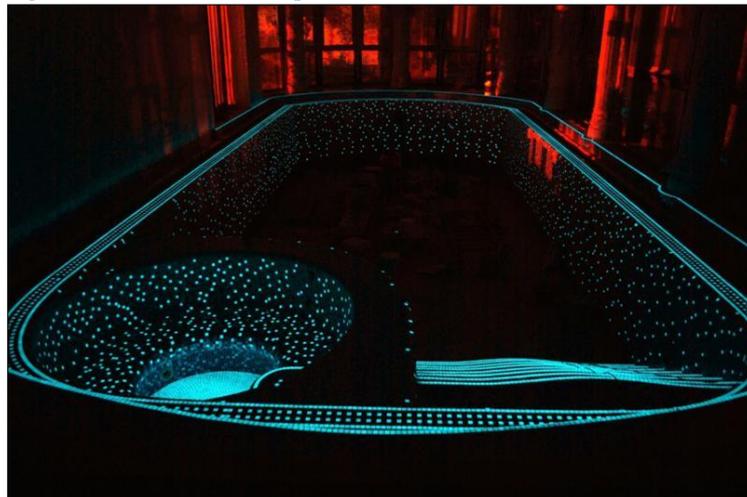


Fuente: Arqzon,2018

2.2.6.1.2. España: pisos y piscinas

Un nuevo material con propiedades fotoluminiscentes crea caminos luminosos en los espacios comunes exteriores en una nueva promoción de Vía Célere en Rivas (Madrid). El material es recargado mediante en el día absorbiendo los rayos UV y esta conserva la iluminación durante 10 horas en la noche. Con el empleo de este material se obtiene ahorrar energía, pues no necesita electricidad para la recarga de las luces. Además, incorpora el aspecto de la accesibilidad cognitiva puesto que señala el perímetro de seguridad de la piscina (Ver Figura 21) (Buhl, 2017).

Figura 21: *Iluminación en piscinas*



Fuente: Renovatio, 2018

2.2.6.1.3. Holanda: bordes de autopistas

Las lámparas que gastan una enorme cantidad de energía en las vías son remplazadas por una autopista inteligente (Ver Figura 22), que tiene “líneas luminiscentes” especialmente diseñadas. En el 2014 se anunció la clausura del programa piloto de la autopista inteligente, una pieza que ha sido la piedra angular de un proyecto en el que se ha estado trabajando desde que el fundador del estudio Daan Roosegaarde comunicó en el 2012. Estas “líneas luminiscentes” fundadas por Roosegaarde junto a la compañía industrial Heijmans, ya han sido instaladas en la autopista

N329 en Oss, Holanda. La compañía describe este proyecto como un diseño sensato y conduce a los usuarios a una experiencia de uso que se asimila a “un cuento de hadas” (Mufson, 2014).

Figura 22: *Bordes de autopista*



Fuente: TN,2014

2.2.6.1.4. Reino Unido: pavimentos

La aplicación práctica e ideal del material es echarlo en ciudades alejadas donde las carreteras son escasamente iluminadas, también se puede aplicar en los parques (ver Figura 23) por donde transitan los peatones y ciclistas; en conclusión, el material puede aplicarse en cualquier tipo de superficie. El pavimento luminiscente soporta las inclemencias del tiempo, es antideslizante y resistente al agua. Debido a un innovador material que absorbe la energía solar durante el día, la carretera se ilumina por la noche. Tanto los peatones como los conductores podrán ver por donde discurre la vía. Sin tener la necesidad de contar con potentes faros o farolas deslumbran a los coches que vienen de frente. La luz emitida es capaz de alumbrar lo suficiente para poder transitar sin problemas por las vías que cuenten con la aplicación del material luminiscente. Por ende, aparte de acrecentar la seguridad vial, disminuye el gasto innecesario de electricidad, ya que no es necesario disponer de iluminación a los lados de la carretera. El pavimento sirve tanto

para vías urbanas como para carreteras de campo, así como para caminos de parques y jardines (Saenz, 2013).

Figura 23: *Caminos luminosos*



Fuente: Starpath,2016

2.2.6.2. Beneficios

- Es más económico que la colocación y mantenimiento de las farolas públicas. Además, que este no contribuye con la contaminación lumínica y crea zonas muy visibles para el paso de ciclistas y peatones en las zonas más oscuras (Ver Figura 24).
- Compatible con otros tipos de compuestos como cemento, madera, asfalto u otras superficies sólidas.

(Romero, 2014)

Figura 24: *Vías luminosas*



Fuente: Arqzon,2018

2.2.7. Equipos para ensayos a las piedras fotoluminiscentes

2.2.7.1. Sensor de Luz

El sensor de luz LS-BTA (ver Figura 25) es empleado para estudiar filtros polarizados (utilizado para evitar reflejos), parpadeo de lámparas (fluorescente u de otro tipo) y comprueba la ley de intensidad de luz en función de la distancia. La respuesta espectral se aproxima a la del ojo humano. En la gráfica del LoggerPro se muestra la respuesta espectral del ojo humano frente a la del fotodiodo ubicada en la punta de este. El sensor presenta los siguientes rangos dependientes de la intensidad de luz y la interfaz LabPro en donde se acondiciona un sensor con resolución de 12 bits (Grado de detalle de la imagen) (Tabla 17). (VERNIER IBÉRICA, 2018).

Tabla 17: Rangos del sensor Vernier

Rangos	Sensibilidad	Usos
0 – 600 lux	0.2 lux	Para menor grado de iluminación
0 – 6000 lux	2 lux	Uso general de luz de interior
0 – 150 000 lux	50 lux	Uso para medidas de luz solar

Fuente: Rincón Ciencia, 2012

Figura 25: Sensor de luz



Fuente: Vernier Ibérica, 2018

2.2.7.1.1. Fotodiodo de silicio Hamamatsu S1133

Uno de los componentes principales del sensor de luz es el fotodiodo Hamamatsu S1133 (ver Figura 26), el cual está fabricado con materiales cerámicos que ofrecen baja corriente oscura y es impermeable a la luz, por lo que solo ingresa de forma directa y no por los costados del fotodiodo. De este modo produce mediciones ópticas confiables en rangos de luz dinámicos desde niveles de luz bajos hasta niveles de luz altos (HAMAMATSU, 2018).

Figura 26: *Fotodiodo S1133*



Fuente: Hamamatsu,2018

2.2.7.2. Interfaz LabPro Vernier

Es un interfaz de recopilación de datos versátil (ver Figura 27) que se puede utilizar para reunir datos en el aula o en el campo, se puede utilizar con calculadoras TI, Palm™, o como data logger autónomo. Más de cuarenta sensores son útiles con LabPro, sensor de oxígeno, sensor de humedad relativa, sensor de pH, detector de movimiento, acelerómetros, etc.

Sus principales botones de uso son:

- Transfer: botón empleado para dar inicio a la transferencia de datos.
- Quick Set-Up: botón para borrar cualquier dato almacenado en la memoria de LabPro, del mismo modo prepara los canales (Channel) para buscar sensores.

- Start/Stop: botón empleado para dar comienzo a la toma de datos; las muestras continúan hasta volver a pulsar el botón “Start/Stop”.

(VERNIER IBÉRICA, 2018).

Figura 27: *Interfaz*



Fuente: Vernier ibérica,2018

2.2.7.3. Sensor de luz UVA & UVB

Utilizado para monitorear el riesgo de radiación de luz azul durante la soldadura; medidor de luz ultravioleta, artes gráficas, medición de radiación ultravioleta para UVA y UVB. El sensor de radiación LT-YK35UV (ver figura 28) posee un espectro de detención de 290 nm hasta 390 nm, dos rangos de 2 mW/cm^2 y 20 mW/cm^2 . Su circuito tipo microprocesador permite alta confiabilidad y mayor durabilidad. (TWILIGHT, 2018).

Figura 28: *Sensor UV*



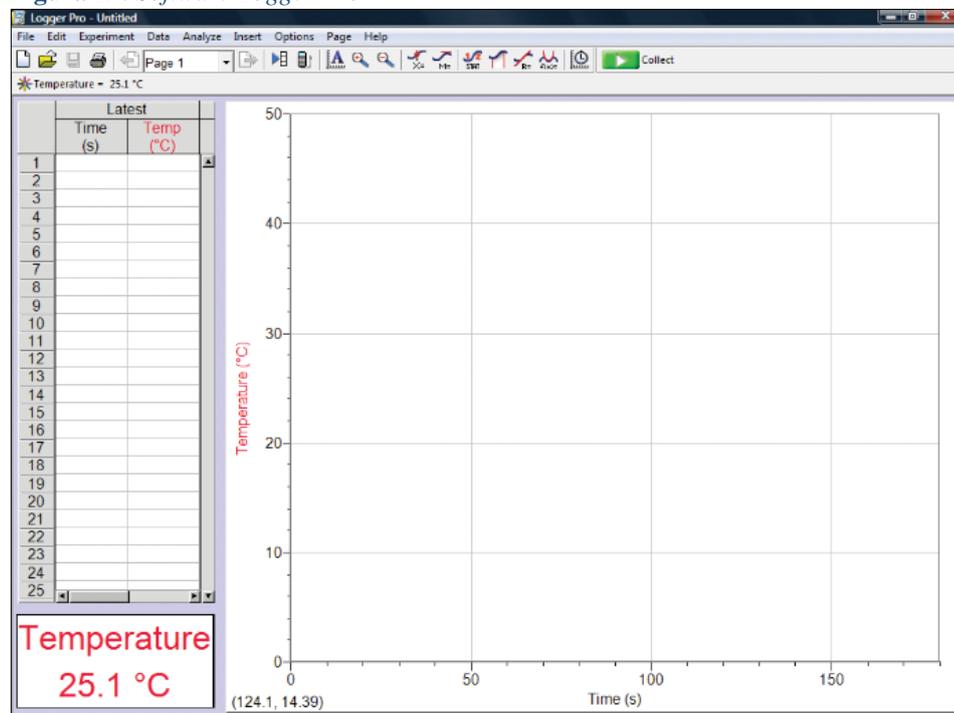
Fuente: Certionix,2018

2.2.7.4. LoggerPro

El software pertenece a la marca de sensores Vernier (ver Figura 29) los cuales funcionan a través de la computadora personal por medio de una interfase, a su vez permite traducir los impulsos eléctricos de los sensores en señales detectables por la máquina. Permite diversas funciones como adquisición de datos, generación de gráficas y análisis de las mismas; por su compatibilidad con Windows como sistema operativo exporta datos de manera rápida y eficaz a hojas de cálculo (VERNIER, 2018).

Es un programa que permite reunir y analizar datos de LabPro, Go!Link, Go!Temp, Go!motion, espectrómetros de óptica de Vernier, wdss de Vernier y balanzas Ohaus. Entre sus características, destaca que los datos pueden entrarse manualmente desde el teclado, pegado del portapapeles. Logger Pro es también un creador de documentos, con la habilidad para incluir varias páginas en uno solo (Yeirfryha, 2015).

Figura 29: Software Logger Pro



Fuente: Vernier Ibérica, 2018

2.2.8. Estadística

2.2.8.1. Media Aritmética

Es la medida de posición o promedio, utilizada por su gran estabilidad es preferida en el muestreo. Su desventaja radica en ser sensible a cambios en sus valores u observaciones; cuando alguno de sus valores extremos es demasiado grande o pequeño. Se podría decir que la media aritmética es un nuevo elemento formado de cada uno de los elementos originales (Martinez, 2012).

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

Donde:

x = representa cada uno de los valores originales en la muestra (“ X ” representa valores en una población).

n = cantidad de valores de la muestra.

2.2.8.2. Medida de dispersión

2.2.8.2.1. Varianza

Se define como la media aritmética de los cuadrados de las diferencias entre los valores que toma la media y la variable. En aspectos generales su símbolo es σ^2 en la población y S^2 en la muestra (Martinez, 2012).

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - x)^2}{n}$$

Donde:

x_i = Representa los valores originales.

x = representa a la media de los valores originales.

N = cantidad de valores de la muestra.

2.2.8.2.2. Desviación típica o desviación estándar

Se denomina a la raíz cuadrada de la varianza, la cual siempre se considera valor positivo. La varianza y desviación estándar (desviación típica) siempre es expresado en las mismas unidades de la variable (Martinez, 2012).

$$S = \sqrt{S^2}$$

Donde:

S = desviación estándar.

S^2 = varianza.

2.2.8.2.3. Coeficiente de variación

Propuesto por Karl Pearson (1895) con el propósito de comparar variabilidad entre distribuciones, el coeficiente de variación o variación relativa. Sirve para determinar la variación respecto a una base, cabe recalcar que no se puede realizar este proceso si las unidades de medida no son iguales (Martinez, 2012).

$$CV = \frac{S}{x}$$

Donde:

CV = coeficiente de variación relativa.

S = desviación estándar.

x = media aritmética de datos originales.

$$CV = \frac{S}{x} * 100$$

Donde:

CV = coeficiente de variación porcentual.

S = desviación estándar.

x = media aritmética de datos originales.

2.2.8.3. Variable aleatoria continua

2.2.8.3.1. Distribución normal

Se extiende sobre un campo de variabilidad infinito, se suele denominar distribución Gaussiana.

Descubierta por De Moivre (1756) como forma de límite de la Distribución Binomial; el cual consiste en determinar la probabilidad que se pueda obtener éxitos en una cantidad de ensayos.

$$Y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}}$$

Donde:

N = Número de datos.

σ = Desviación estándar de la distribución binomial = \sqrt{npq} .

e = Base de los logaritmos naturales = 2,71828.

π = 3.1415926535...

n = Número de ensayos.

p = probabilidad de éxito en cada ensayo.

q = probabilidad de fracaso en cada ensayo.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Donde:

Z = variante estadística.

X = variable discreta.

$\mu = np$

$\sigma = \sqrt{npq}$

2.2.8.4. Distribución muestral

2.2.8.4.1. Tamaño de la muestra

Se denomina muestra al número de sujetos que componen una fracción o parte de la población, siendo estos los valores más representativos. Para calcular el tamaño de la muestra se toma en cuenta tres factores los cuales son el porcentaje de confianza, el porcentaje de error y el nivel de variabilidad. El porcentaje de confianza existe para generalizar los resultados obtenidos, esto quiere decir que un valor del 100% implica estudiar en su totalidad todos los casos de la población. El porcentaje de error equivale a la probabilidad de aceptar una hipótesis falsa como si fuera verdadera o inversa; del mismo modo utilizar un error igual a 0% representa que la muestra es del mismo tamaño que la población. La variabilidad es la probabilidad (porcentaje) con el que se aceptó o rechazo la hipótesis en alguna investigación anterior; el porcentaje con el que se aceptó la hipótesis se denomina variabilidad positiva (p) y el porcentaje con el que se rechazó la hipótesis se denomina variabilidad negativa (q), por lo que la suma de ambos porcentajes debe dar la unidad ($p + q = 1$). La máxima variabilidad en caso de no existir antecedente alguno la variabilidad es $p = q = 0.5$ (Canales, y otros, 2010).

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{E^2}$$

Donde:

n = se denomina al tamaño de la muestra.

Z = se denomina al nivel de confianza.

E = se denomina a la precisión o error.

σ = se denomina a la varianza.

2.2.8.4.2. Test de Shapiro-Wilk

Mide el ajuste de la muestra; se rechaza la normalidad cuando el ajuste es malo, este test se aplica para valores pequeños estadísticos sobre todo cuando la muestra es menor a 50 datos (Salgado, 2018).

$$W = \frac{1}{ns^2} \left[\sum_{i=1}^{i=h} a_{j,n} (x_{n-j+1} - x_j) \right]^2$$

$$ns^2 = \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - X)^2$$

Donde:

x = datos de la muestra.

a = valores obtenidos de la tabla estadística de distribución Shapiro-Wilk.

X = media de la muestra.

2.2.8.5. Homogeneidad de varianza

2.2.8.5.1. Test de Levene

Ofrece una alternativa más amplia que el test de Barlett, debido a que el test de Levene es poco sensible a la desviación de la normalidad. Significa que es menos probable que rechace una verdadera hipótesis de homogeneidad de varianza solo porque las poblaciones muestrales no son normales (Correa, Iral, & Rojas, 2006).

$$w = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (Z_i - Z_{...})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - Z_{i...})^2}$$

Donde:

k = se denomina al número de muestra.

n_i = Tamaño de la enésima muestra.

N = Sumatoria de la muestra.

2.2.8.6. Pruebas de hipótesis

2.2.8.6.1. ANOVA

También conocido como análisis de la varianza se utiliza para realizar comparaciones de dos o más grupos; para comprobar si dos o más grupos de acción arrojan resultados similares o parecidos. Además, puede contemplarse como un caso especial de la modelización econométrica, donde la variable dependiente es de tipo continuo y el conjunto de variables explicativas es ficticia (Vicéns, Herrarte, & Medina, 2005).

$$Y_{ij} = \mu + t + \varepsilon$$

Donde:

Y = es la variable objeto de estudio.

μ = es una constante indica la respuesta media de todos los niveles.

t = Recoge la importancia de cada tratamiento y es el objetivo del análisis.

ε = es un término de error, considerado como variable aleatoria.

2.2.8.6.2. T-Student

El campo de variabilidad de t de student depende únicamente del parámetro n (grados de libertad). Su forma será campaniforme, siendo más achatada para valores bajos de n ; cuando n aumenta se va haciendo cada vez más apuntada tendiendo a la curva normal tipificada (Gogas, Cardiel, & Zamorano, 2011). La fórmula con n grados de libertad se describe de la siguiente manera:

$$t_n = \frac{\frac{\bar{x}}{s}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{s}\right)^2}} = \frac{Z}{\sqrt{\frac{1}{n} X_n^2}}$$

Donde:

σ = se denomina a la varianza.

\bar{X} = media de la muestra.

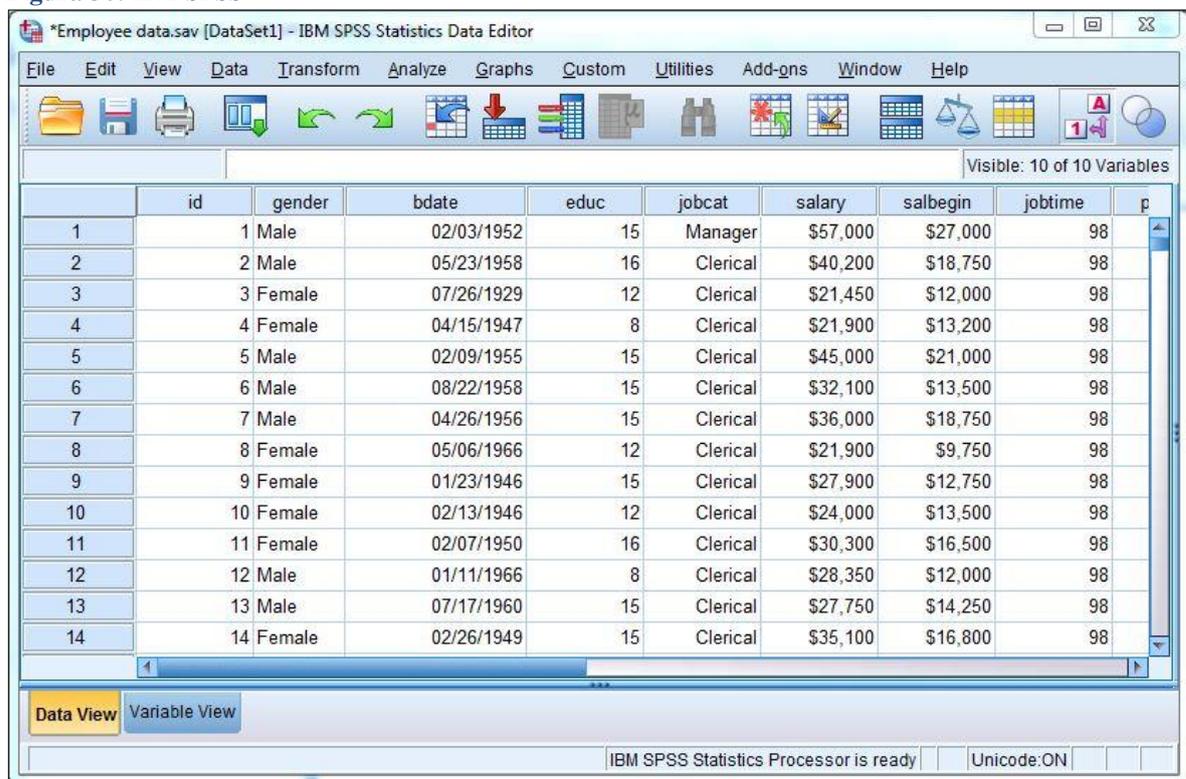
n = se denomina al tamaño de la muestra.

Z = se denomina al nivel de confianza.

2.2.8.7. Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

Programa patentado por IBM (International Business Machines) (ver Figura 30), puede adquirir datos de casi cualquier tipo de archivo de este modo utilizarlo para generar informes tubulares, gráficos y diagramas de distribuciones y tendencias, análisis estadísticos complejos y estadísticos descriptivos. Además, proporcione una alta gama de procedimientos estadísticos, tablas de contingencia, análisis de conglomerados, análisis de vecinos y análisis de función discriminante.

Figura 30: IBM SPSS



The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Data Editor interface. The title bar reads '*Employee data.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor'. The menu bar includes File, Edit, View, Data, Transform, Analyze, Graphs, Custom, Utilities, Add-ons, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations, data manipulation, and analysis. The main window displays a data grid with 14 rows and 10 columns. The columns are labeled: id, gender, bdate, educ, jobcat, salary, salbegin, jobtime, and p. The data is as follows:

	id	gender	bdate	educ	jobcat	salary	salbegin	jobtime	p
1	1	Male	02/03/1952	15	Manager	\$57,000	\$27,000	98	
2	2	Male	05/23/1958	16	Clerical	\$40,200	\$18,750	98	
3	3	Female	07/26/1929	12	Clerical	\$21,450	\$12,000	98	
4	4	Female	04/15/1947	8	Clerical	\$21,900	\$13,200	98	
5	5	Male	02/09/1955	15	Clerical	\$45,000	\$21,000	98	
6	6	Male	08/22/1958	15	Clerical	\$32,100	\$13,500	98	
7	7	Male	04/26/1956	15	Clerical	\$36,000	\$18,750	98	
8	8	Female	05/06/1966	12	Clerical	\$21,900	\$9,750	98	
9	9	Female	01/23/1946	15	Clerical	\$27,900	\$12,750	98	
10	10	Female	02/13/1946	12	Clerical	\$24,000	\$13,500	98	
11	11	Female	02/07/1950	16	Clerical	\$30,300	\$16,500	98	
12	12	Male	01/11/1966	8	Clerical	\$28,350	\$12,000	98	
13	13	Male	07/17/1960	15	Clerical	\$27,750	\$14,250	98	
14	14	Female	02/26/1949	15	Clerical	\$35,100	\$16,800	98	

At the bottom of the window, there are buttons for 'Data View' and 'Variable View', and a status bar indicating 'IBM SPSS Statistics Processor is ready' and 'Unicode:ON'.

Fuente: IBM, 2018

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

La incrustación de piedras fotoluminiscentes influenciará en la iluminación del concreto y no provocará deficiencia en sus propiedades mecánicas (ver Tabla 18).

Tabla 18: *Hipótesis general*

Hipótesis general	Componentes metodológicos					Componentes referenciales
La incrustación de piedras fotoluminiscentes influenciará en la iluminación del concreto y no provocará deficiencia en sus propiedades mecánicas	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo	
	-Piedras fotoluminiscentes	Espécimen de concreto con piedras fotoluminiscentes	Mejora.	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.	2018	
	-Iluminación.					
	-Propiedades mecánicas.					

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.3.2. Hipótesis específicas

La incrustación de piedras fotoluminiscentes en el concreto logrará emitir luz en horas nocturnas con respecto a probetas patrón sin afectar las propiedades mecánicas del concreto (ver Tabla 19, 20, 21 y 22).

Tabla 19: Hipótesis específica 01

Hipótesis específica 01	Componentes metodológicos		Componentes referenciales		
La incrustación de 0.152 kg/m ² de piedras fotoluminiscentes en el concreto logrará emitir luz en horas nocturnas después de ser expuesto a iluminación externa.	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Iluminación emitida por las piedras fotoluminiscentes.	Espécimen de concreto con piedras fotoluminiscentes.	Mejora.	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.	2018

Fuente: Elaboración propia,2018

Tabla 20: Hipótesis específica 02

Hipótesis específica 02	Componentes metodológicos		Componentes referenciales		
La incrustación de 0.765 kg/m ² de piedras fotoluminiscentes en el concreto logrará emitir luz en horas nocturnas después de ser expuesto a iluminación externa.	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Iluminación emitida por las piedras fotoluminiscentes.	Espécimen de concreto con piedras fotoluminiscentes.	Mejora.	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.	2018

Fuente: Elaboración propia,2018

Tabla 21: Hipótesis específica 03

Hipótesis específica 03	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
La incrustación de 0.905 kg/m ² de piedras fotoluminiscentes en el concreto logrará emitir luz en horas nocturnas después de ser expuesto a iluminación externa.	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Iluminación emitida por las piedras fotoluminiscentes.	Espécimen de concreto con piedras fotoluminiscentes.	Mejora.	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.	2018

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 22 : Hipótesis específica 04

Hipótesis específica 04	Componentes metodológicos			Componentes referenciales	
La incrustación de piedras fotoluminiscentes sobre la superficie del concreto no obtendrá variaciones altas en las resistencias del concreto respecto a las probetas patrón.	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
	Iluminación emitida por las piedras fotoluminiscentes.	Espécimen de concreto con piedras fotoluminiscentes.	Mejora.	Laboratorio de la Universidad Privada del Norte sede Trujillo.	2018

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.4. Definición de términos básicos

2.4.1. Iluminación

Es la acción y efecto de iluminar. Este verbo hace referencia a la iluminar o dar luz y requiere siempre de un objeto directo, de algo o alguien a quien brindar su claridad. Se conoce como iluminación, por lo tanto, al conjunto de luces que se instala en un determinado lugar con la intención de afectarlo a nivel visual.

2.4.2. Resistencia a la compresión

Esta prueba determina la resistencia a compresión haciendo uso de cilindros de concreto, para esto se aplicará una carga axial a una velocidad que está dentro de un rango determinado hasta que la muestra falle. El cálculo de la resistencia a la compresión que alcanza una muestra de concreto se establece mediante el cociente entre la carga máxima alcanzada durante el periodo de ensayo y la sección transversal de área del espécimen.

Para la determinación de la resistencia a la compresión se deben tener en cuenta el tamaño y forma de la muestra, procedimiento de mezclado, la edad, dosificación, las condiciones de humedad durante el mezclado, temperatura, fabricación, moldeo y los métodos de muestreo. Es a partir de ensayo que se determinara la calidad de la dosificación, mezclado y colocación del concreto haciendo los ensayos de las mezclas a 28 días (Rativa & Jairo, 2014).

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

Donde:

P = Carga máxima obtenida durante el ensayo (kgf).

A = Área transversal de la superficie donde ocurre el aplastamiento (cm²).

2.4.3. Resistencia a la flexión

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada.

El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El Módulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones hasta en un 15% (Nrmca, 2006).

$$M_r = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

P = Carga máxima de rotura indicada en la máquina de ensayo (kgf).

L = Luz libre entre apoyos (cm).

b = Ancho promedio de la viga (cm).

h = Peralte promedio de la viga (cm).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Variables dependientes

Iluminación, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión (ver Tabla 23).

Tabla 23: Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
ILUMINACIÓN	Es la acción y consecuencia de iluminar. El verbo hace referencia a alumbrar o dar luz y requiere perenemente de un objeto directo, de algo o alguien a quien brindar su claridad.	Se empleó para determinar su principal propiedad física de las piedras fotoluminiscentes y por ende demostrar la cualidad que tiene el concreto luminoso.	Luminosidad.	Tiempo de carga.	s
				Tiempo de descarga.	s
				Intensidad de exposición.	lux
				Tipo de exposición.	lux
				Peso de la muestra.	g
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Esfuerzo máximo resiste un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se define, en límites ajustados, como una propiedad independiente.	Se usó para corroborar la capacidad de las probetas con piedras fotoluminiscentes en comparación con un concreto convencional.	Resistencia a la compresión.	Carga máxima de rotura.	Kgf
				Diámetro del espécimen.	cm
				RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	Se presenta la resistencia de fluencia de la flexión en lugar de la resistencia a la flexión, aquellos materiales que no se rompen en el ensayo de flexión. Sinónimo de módulo de rotura.	Se usó para corroborar la capacidad de las probetas con piedras fotoluminiscentes en comparación con un concreto convencional.	Resistencia a la flexión.	Carga máxima de rotura.	Kgf
Longitud del espécimen.	cm				
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	Se presenta la resistencia de fluencia de la flexión en lugar de la resistencia a la flexión, aquellos materiales que no se rompen en el ensayo de flexión. Sinónimo de módulo de rotura.	Se usó para corroborar la capacidad de las probetas con piedras fotoluminiscentes en comparación con un concreto convencional.	Resistencia a la flexión.	Peralte del espécimen.	cm
				Ancho del espécimen.	cm

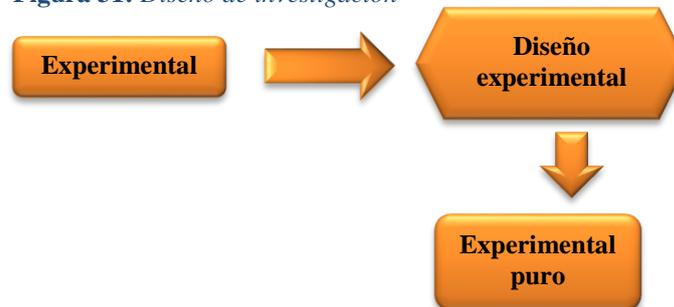
Fuente: Elaboración propia, 2018

3.2. Diseño de investigación

La presente investigación es de tipo experimental porque se ejerce un control sobre las variables, pues se manipula la variable independiente (factores causales) para estudiar su influencia sobre la variable dependiente (consecuencias), para ello se trabaja con diferentes exposiciones de luz a las piedras fotoluminiscentes y de esta manera los resultados nos brindaran información sobre el comportamiento que estas tengan. Además, se le agregó la máxima cantidad de piedras fotoluminiscentes sobre la superficie de los especímenes para observar su aporte a la resistencia.

Por lo tanto, el diseño de investigación es experimental puro (ver Figura 31) ya que reúne dos requisitos una de control y la otra de validez interna, ya que puede controlar y limitar las variaciones de luz para el comportamiento del concreto luminoso.

Figura 31: *Diseño de investigación*



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.3. Unidad de estudio

Espécimen de concreto luminoso cilíndrica (ver Tabla 24) y rectangular (ver Tabla 25) elaborada con piedras fotoluminiscentes colocadas en una única dosificación como capa superficial en la parte superior; un tiempo de curado de 28 días dependiendo del ensayo a realizar.

Tabla 24: *Probeta cilíndrica*

Probeta cilíndrica	
	<p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro: 10cm • Altura: 20cm <p>Composición:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agregado grueso y fino • Cemento MS • Agua • Piedra fotoluminiscente

Fuente: Testmak, 2018

Tabla 25: *Probeta rectangular*

Probeta rectangular	
	<p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Largo: 23 • Altura: 6cm • Ancho: 6cm <p>Composición:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agregado grueso y fino • Cemento MS • Agua • Piedra fotoluminiscente

Fuente: Utest,2018

3.4. Población

Se constituyó por todas las probetas de concreto convencional elaboradas en el laboratorio de tecnología del concreto, las cuales fueron sometidas a estudios en el laboratorio de tecnología del concreto, laboratorio de rocas y laboratorio de Física de la Universidad Privada del Norte, según la Norma Técnica Peruana 339.034, Norma Técnica Peruana 339.078 y Norma Española UNE 23035 respectivamente.

3.5. Muestra

3.5.1. Muestra para testigos de concreto

La muestra es de tipo probabilística porque se emplea una técnica donde las muestras son recogidas mediante un proceso que les brinda a todos los individuos de la población la misma oportunidad de ser seleccionados. La muestra para las probetas de concreto se realizó de manera estadística tomando como referencia un muestreo probabilístico, empleando lo estipulado en el Manual de estadística de la Universidad Privada del Norte (2016), pues este considera variables cuantitativas y a su vez asume poblaciones infinitas, empleándose la siguiente fórmula.

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Donde:

n_0 = tamaño de muestra.

Z = valor de distribución normal estandarizada, para el nivel de confianza fijado por el investigador (ver Tabla 26).

S = desviación estándar de la variable fundamental de estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés.

E = error del muestreo en porcentaje (%) fijado por el investigador.

Tabla 26: *Valores de la distribución normal estandarizada*

Valores de la distribución normal estandarizada			
Error (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral			
Nivel de confianza (1- α)	Error (α)	Bilateral	Unilateral
90%	0.10	1.64	1.28
95%	0.05	1.96	1.64
99%	0.01	2.57	2.32
Error (Tipo II): Siempre es Unilateral			
Poder (1- β)	Error (β)	Valor Z	
0.80	0.20	0.842	
0.90	0.10	1.282	
0.95	0.05	1.645	
0.99	0.01	2.326	

Fuente: UPN, 2016

Obteniendo los siguientes valores para probetas sometidas a ensayos de resistencia a la compresión:

Z= el nivel de confianza para este proyecto de investigación es de 95% (Z=1.96).

S= valor de dispersión entre testigos correspondiente que fue tomado como base la Norma Técnica Peruana 339.034 (S=0.032).

E= el error del muestreo se estimó en 5% (E=0.05%).

Reemplazando los valores en la fórmula, se obtiene como tamaño de muestra:

$$n_0 = \frac{(1.96)^2(0.032)^2}{(0.05)^2}$$

$$n_0 = 2$$

Cabe recalcar que aumentó a 1 muestra adicional por motivos estadísticos, de este modo:

$$n_0 = 3$$

Obteniendo los siguientes valores para probetas sometidas a ensayos de flexión:

Z= el nivel de confianza para este proyecto de investigación es de 95% (Z=1.96).

S= valor de dispersión entre testigos correspondiente que fue tomado como base la Norma Técnica Peruana 339.059 (S=0.044).

E= el error del muestreo se estimó en 5% (E=0.05%).

$$n_0 = \frac{(1.96)^2(0.044)^2}{(0.05)^2}$$

$$n_0 = 3$$

Tabla 27: Muestra de especímenes de concreto

Descripción	Resistencia a los 28 días (und)	Sub total (und)	Total (und)
Probeta patrón	3		
Probetas con incrustaciones de 0.152 kg (kg/m ²)	3		
Resistencia a la compresión	3	12	18
Probetas con incrustaciones de 0.765 kg (kg/m ²)	3		
Probetas con incrustaciones de 0.905 kg(kg/m ²)	3		
Resistencia a la flexión	3	6	
Probeta patrón	3		
Probetas con incrustaciones de 0.765 kg(kg/m ²)	3		

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.5.2.Muestra para piedras fotoluminiscentes

El tamaño de muestra para ensayar no fue calculado con algún método estadístico, el método a emplearse será por juicio (muestreo de conveniencia) y por consejo de un superior capacitado para la ejecución correcta de los procesos (muestreo de expertos); además de que se tomará en consideración las cantidades necesarias para los ensayos de luminosidad principales basándose en la Norma Española UNE 23035 en donde señala que se debe realizar 10 ensayos de luz por cada situación expuesta. Por lo cual se recomendó realizar la siguiente cantidad de muestra (ver Tabla 28,29,30,31,32 y 33).

Tabla 28: *Muestra para iluminación emitida a distintas exposiciones*

Ensayo	Descripción	Peso
Iluminación emitida a distintas exposiciones	451.34 lux	150 g
	1759.38 lux	150 g
	4930.82 lux	150 g

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 29: *Muestra para tiempo de descarga*

Ensayo	Descripción	Peso
Tiempo de descarga	5 minutos de carga	150 g
	10 minutos de carga	150 g
	15 minutos de carga	150 g

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 30: *Muestra para radiación UV*

Ensayo	Cantidad
Radiación UV	500 g

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 31: *Muestra para abrasión*

Ensayo	Cantidad
Abrasión	500 g

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 32: *Muestra para emisión de luz del concreto luminoso*

Ensayo	Cantidad (und)
Emisión de luz del concreto con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes.	3

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 33: *Muestra para señalización fotoluminiscente (UNE 23035)*

Ensayo	Cantidad de muestras (und)
Señalización fotoluminiscente (UNE 23035)	10

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnica de recolección de datos

La principal técnica empleada durante la ejecución del proyecto es la observación debido a que el comportamiento de las piedras fotoluminiscentes requiere de atención minuciosa puesto que presentó su principal característica durante su periodo de descarga; además se consideró el cumplimiento de las normativas ASTM, NTP y UNE seleccionadas dependiendo del ensayo a realizar. Además, también fue necesario recolectar datos de fuentes secundarias confiables como son: revistas, tesis (nacionales e internacionales); documentos, blogs, videoconferencias, entrevistas directas con la empresa; de los cuales la mayoría fueron empleados en la redacción de la investigación.

3.6.2. Instrumento de recolección de datos

El principal instrumento empleado para la recolección de datos fue las guías de observación (ver Figura 32); las cuales para poder dar conformidad de su validez fueron visadas por el M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina y del personal de apoyo de las distintas áreas necesarias para la ejecución del proyecto de investigación. De este modo permitió recolectar información necesaria y clave al momento de realizar los ensayos respectivos.

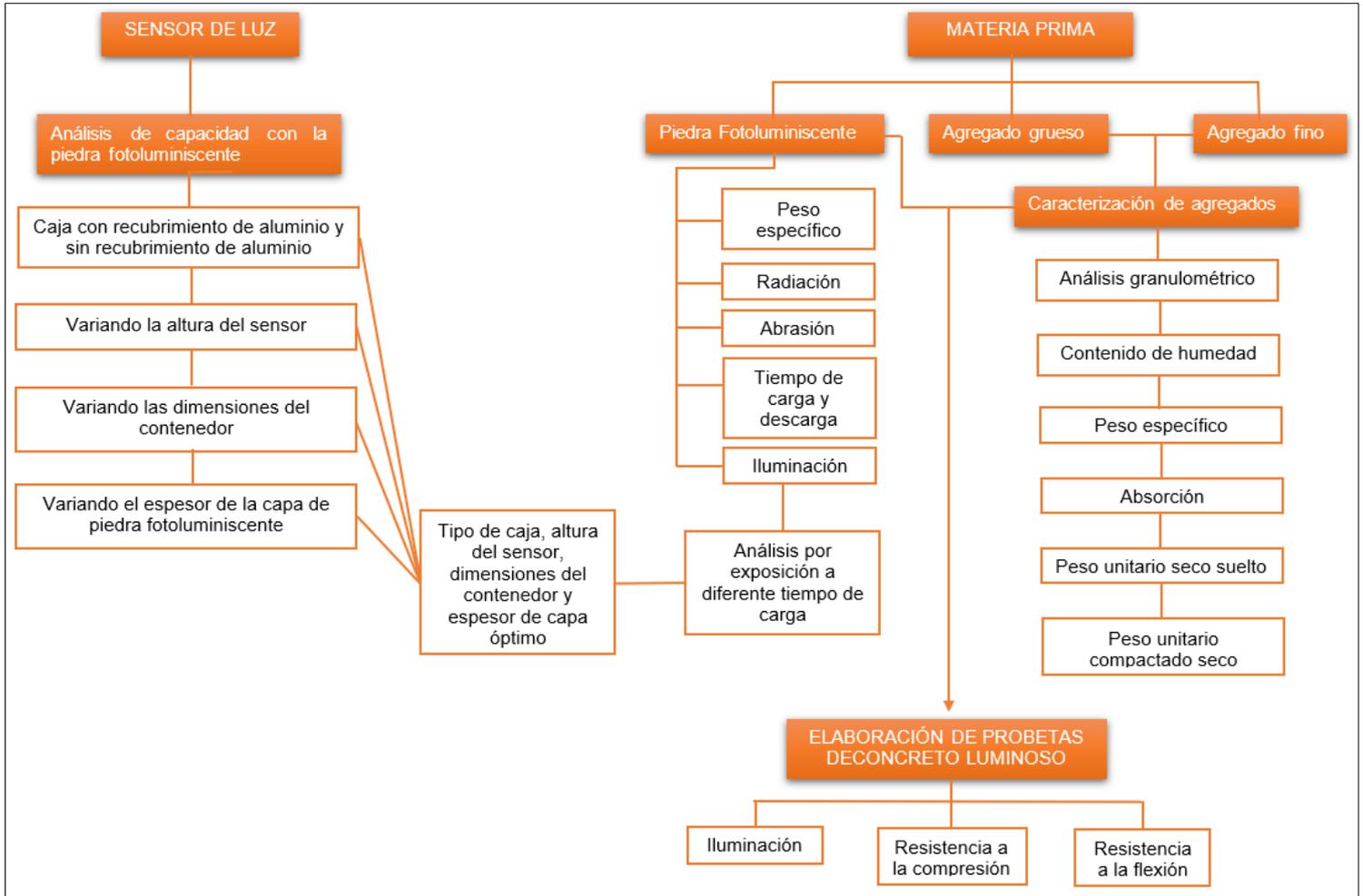
Figura 32: *Recolección de datos*



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6.3. Procedimiento de recolección de datos

Figura 33: Procedimiento de recolección de datos



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6.3.1. Obtención y caracterización de los agregados

3.6.3.1.1. Obtención de los agregados

- Agregado

La extracción del agregado se realizó de forma manual de la zona de almacenamiento de la cantera “H y S” debido a que es una de las canteras que distribuye en gran masa a la ciudad de Trujillo, de esta manera se recogió agregado grueso de 1” y arena gruesa como agregado fino,

posteriormente se colocó en sacos los cuales fueron usados como contenedor hasta el día de la elaboración de probetas y caracterización de agregados.

El transporte para ir al lugar de la extracción fue en un vehículo particular destinado para cargas de una tonelada como máximo, de la misma forma fue utilizado para llevar las muestras al laboratorio de la Universidad Privada del Norte ubicado en San Isidro –Trujillo.

- **Ubicación de la cantera**

La cantera “H y S” se encuentra ubicada en las coordenadas (17L 711730.26 E, 9115136.89 S) tomando como referencia el eje ecuatorial (ver Figura 34). Ubicada en el departamento de Libertad, provincia de Trujillo, distrito de Huanchaco, sector de El Milagro.

Figura 34: *Ubicación de la cantera "H y S"*



Fuente: Google maps, 2018

3.6.3.1.2. Caracterización de los agregados

Los ensayos para los agregados fino y grueso se realizaron en el laboratorio de tecnología del concreto de la Universidad Privada del Norte sede San Isidro en la localidad de Trujillo.

3.6.3.1.2.1. Calidad del agregado

El material empleado para la elaboración de concreto debe cumplir ciertos criterios y estándares ya establecidos por las normas NTP y ASTM.

3.6.3.1.2.2. Granulometría del agregado grueso y fino

Los ensayos se realizaron por separado, repitiendo tres veces el ensayo por cada tipo; obteniendo la muestra de cada contenedor de almacenamiento distinto y siguiendo los procesos que indica la norma NTP 400.012 “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.

- **Equipos**

- Balanza electrónica Ohaus para agregado grueso y fino: con una aproximación de 0.1 g y un peso máximo de 6000g.
- Horno Shel Lab: Con capacidad de 184 litros mantiene una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Tamices Forney de bronce: Los Tamices cumplirán con la NTP 350.001.
- Tamices empleados para agregado fino (ver Tabla 34).

Tabla 34: *Tamices empleados para agregado fino*

Tamiz	Abertura (mm)
3/8"	9.500
N°4	4.750
N°8	2.360
N°16	1.180
N°30	0.600
N°50	0.300
N°100	0.150

Fuente: Elaboración propia,2018

- Tamices empleados para agregado grueso (ver Tabla 35).

Tabla 35: *Tamices empleados para agregado grueso*

Tamiz	Abertura (mm)
1 ½"	37.500
1"	25.000
½"	12.500
N°4	4.750
N°8	2.360

Fuente: Elaboración propia,2018

- **Materiales**

- Agregado fino: según la norma técnica peruana (NTP) la cantidad mínima es 500 g.
- Agregado grueso: La cantidad de agregado grueso depende de lo establecido (ver Tabla 36).

Tabla 36: *Cantidad de muestra mínima para granulometría*

Tamaño máximo nominal abertura cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(in)	Kg
9.500	(3/8)	1
12.500	(1/2)	2
19.000	(3/4)	5
25.000	(1)	10
37.500	(1 ½)	15
50.000	(2)	20
63.000	(2 ½)	35
75.000	(3)	60
90.000	(3 ½)	100
100.000	(4)	150
125.000	(5)	300

Fuente: Manual de ensayo de materiales (MTC), 2018

- **Procedimiento**

- Se seleccionó la muestra por cuarteo como indica la norma NTP y ASTM, el cual consiste en utilizar un cucharón metálico para formar un cono de material el cual será dividido en cuatro partes iguales escogiendo de esta forma dos partes.
- Luego se colocó el material en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C para eliminar toda partícula de agua o humedad que el material pudo obtener.
- Se pesó la muestra de 500 g para agregado fino y para agregado grueso 2000 g, con la finalidad de obtener resultados más óptimos se toma un margen más alto que el mínimo especificado por la norma.
- Se procedió a la selección de tamices adecuados los cuales se encuentran en laboratorio y deben cumplir con lo requerido en la norma.

- Los tamices fueron armados en orden decreciente colocando en la base el fondo y en la parte superior la tapa correspondiente la cual evitara perdidas de material durante el movimiento.
- Se agitó los tamices en un lapso de 10 a 15 minutos (ver Figura 35) según el material empleado.

Figura 35: *Granulometría del agregado*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Se pesó el material (ver Figura 36) retenido en cada tamiz.

Figura 36: *Material luego de tamizado*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado, porcentaje pasante y módulo de finura del agregado fino.

- **Cálculo**

- La aproximación será de 0.1% de cada porcentaje que pasa sobre la base del peso total.
- Para el módulo de fineza se aplica la siguiente fórmula con una aproximación de 0.01%:

$$M.F. = \frac{\text{Porcentajes retenidos acumulados}}{100}$$

El porcentaje retenido acumulado será de los tamices N°100, N°50, N°30, N°16, N°8, N°4, 3/8", 3/4", 1 1/2".

3.6.3.1.2.3. Peso unitario de los agregados

La norma empleada para la obtención del peso unitario del agregado fino y agregado grueso por separado es la NTP 400.017 “Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados”.

- **Equipos**

- Balanza electrónica Ohaus con capacidad de 80 kg.
- Recipiente metálico y cilíndrico con el fondo y borde superior pulido, plano y suficientemente rígido, con la capacidad de no deformarse bajo las condiciones de trabajo. Según lo indicado en la norma los recipientes tendrán una altura aproximadamente igual al diámetro, y en ningún caso la altura será menor del 80% ni mayor que 150% del diámetro.
- Barra compactadora de acero liso 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.

- **Materiales**

- La muestra de ensayo debe ser aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente de medida según lo que indica la norma.

- **Procedimiento**

- Calibración
 - Se llenó el recipiente con agua a temperatura ambiente con la finalidad de medir su volumen o calcular el factor de calibración.
 - Luego se pesó el recipiente con el agua.

- También fue necesario medir la temperatura empleando un termómetro y obteniendo la densidad (ver Tabla 37).

Tabla 37: Densidad de agua

Temperatura		kg/m ³	lb/pe ³
°C	°F		
15.6	60	999.01	62.366
18.3	65	998.54	62.336
21.1	70	997.97	62.301
23.0	73.4	997.54	62.274
23.9	75	997.32	62.261
26.7	80	996.59	62.216
29.4	85	995.83	62.166

Fuente: MTC,2018

- Se calcula el factor de medida con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{\text{Densidad del agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{W_a}$$

Donde:

F = factor de calibración del recipiente (m⁻³).

W_a = peso del agua del recipiente (Kg).

- Peso unitario suelto seco para agregado grueso y fino
- Se comenzó pesando el recipiente cilíndrico.
- El recipiente se llenó por descarga del agregado (ver Figura 37) desde una altura no mayor de 5 cm hasta que rebose el recipiente.

Figura 37: Llenado de recipiente



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Se determinó el peso y se procedió a realizar dos veces más el mismo ensayo.
- Peso unitario compactado seco para agregado grueso y fino
- Luego de pesar el molde, se descargó el material en tres capas.
- De este modo se apisonó la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente, utilizando el extremo semiesférico de la varilla.
- Al apisonar la primera capa (ver Figura 38), se tiene que evitar que la varilla golpee el fondo.

Figura 38: *Apisonado*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- De la misma manera se repitió el mismo proceso por dos capas más, y determinar el peso en la balanza.
- Todo el proceso se realizó 3 veces para cada material.

• **Cálculo**

Para el cálculo del peso unitario suelto o compactado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$M=(G-T) \times F$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado en (kg/m³).

G = Peso del recipiente de medida más el agregado (kg).

T = Peso del recipiente de medida (kg).

F = Factor del recipiente de medida (m⁻³).

3.6.3.1.2.4. Gravedad específica y absorción

La norma empleada para la obtención de la gravedad específica y absorción del agregado fino es la NTP 400.022 “Peso específico y absorción del agregado fino”.

- **Equipos**

- Balanza electrónica Ohaus con una aproximación de 0.1 g y un peso máximo de 6000g.
- Horno Shel Lab: Con capacidad de 184 litros mantiene una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Fiola o frasco volumétrico de 500 cm³ de capacidad, calibrado hasta 0,1 cm³.
- Varilla para apisonado metálica, con un peso de 340 ± 15 g y terminada en un extremo en una superficie circular plana para el apisonado, de 25 ± 3 mm de diámetro.
- Cono de absorción de arena para gravedad específica Forney metálico de 40 ± 3 mm de diámetro interior en su base menor, 90 ± 3 mm de diámetro interior en una base mayor y 75 ± 3 mm de altura.

- **Materiales**

Tomando en cuenta factores de pérdida de material se ensayarán aproximadamente 1000g.

- **Procedimiento**

- Aproximadamente se colocó 1000 g del agregado fino en el horno (ver Figura 39), obtenido por cuarteo y secado a peso constante 110 °C \pm 5 °C.

Figura 39: Colocación en el horno



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Luego se sumergió la muestra en agua y se dejó reposar por 24 horas mínimo hasta peso constante.
- La muestra se secó por medio de una estufa, hasta alcanzar la superficie seca.
- Luego se colocó el molde cónico, para de este modo proceder a golpear la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y después levantar el molde verticalmente.
- Si el agregado se derrumba $\frac{3}{4}$ partes del molde al quitar el molde esto indica que ha alcanzado una condición de superficie seca según lo que indica la norma.

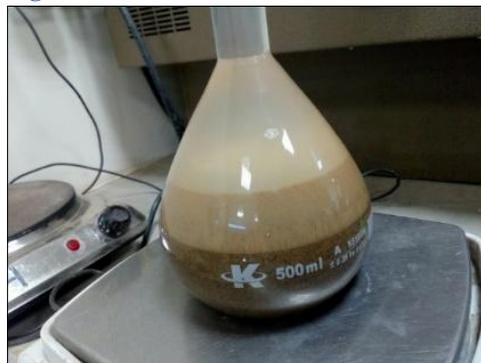
Figura 40: Cono para densidad



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Finalmente se introdujo de inmediato en el frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 1000 cm³ a una temperatura de 23 °C ± 2 °C.
- Es necesario eliminar las burbujas de aire rolando el frasco y luego dejando reposar para posteriormente pesar el frasco con la muestra.

Figura 41: Chatelier



Fuente: Elaboración propia, 2018

- El agregado colocado se retiró del frasco y se colocó en el horno de secado por 24 horas mínimo.

- **Cálculo**

A continuación, se tuvo que aplicar las siguientes fórmulas indicadas por la norma técnica peruana (NTP).

- Peso específico de masa (Pem):

$$Pem = \frac{W_o}{(V-V_a)} \times 100$$

Donde:

Pem = Peso específico de masa (g).

W_o = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

V = Volumen del frasco (cm³).

V_a = Peso en gramos (g) o volumen (cm³) de agua añadida al frasco.

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{ess})

$$P_{ess} = \frac{500}{(V-V_a)} \times 100$$

- Peso específico aparente (P_{ea})

$$P_{ea} = \frac{W_o}{(V-V_a)-(500-W_o)} \times 100$$

- Absorción (A_b)

$$A_b = \frac{500-W_o}{W_o} \times 100$$

3.6.3.1.2.5. Peso específico y absorción

La norma empleada para la obtención del peso específico y absorción del agregado grueso es la NTP 400.021 “Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso”.

- **Equipos**

- Balanza electrónica Ohaus con una aproximación de 0.1 g y un peso máximo de 6000g. La balanza está equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre dentro del agua.
- Cesta con malla de alambre Forney con abertura de 2.8 mm, el cesto está construido de tal forma que se pueda suspender en el agua.
- Depósito de agua necesario para suspender la cesta con la balanza conectada.
- Horno Shel Lab: Con capacidad de 184 litros mantiene una temperatura de 110 ± 5 °C.

- **Materiales**

Para la cantidad de muestra empleada en el ensayo será necesario recurrir (ver Tabla 38)

Tabla 38: *Masa mínima para agregado grueso*

Tamaño máximo nominal de agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso norma (kg)
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (1.1/2)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2.1/2)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3.1/2)	16.0
100.0 (4)	25.0
150 (6)	50.0

Fuente: MTC, 2018

- **Procedimiento**

- La muestra fue secada a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, luego fue ventilado en exteriores bajo sombra por un aproximado de 1 hora.
- Inmediatamente se sumergió la muestra por 24 horas como mínimo en agua con la finalidad de saturar la muestra.
- Después fue necesario limpiar la muestra con una franela por fuera de cada piedra (ver Figura 42) de aquella agua sobrante.

Figura 42: *Limpiado del material*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- De este modo se obtuvo el peso saturado superficialmente seco de la muestra.
- Después se colocó la muestra en la cesta de alambre (ver Figura 43) para de esta manera determinar su peso sumergido.

Figura 43: *Peso sumergido*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Finalmente se secó la muestra hasta peso constante dentro del horno a una temperatura entre $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **Cálculo**

Para la obtención de datos se emplea las siguientes fórmulas:

- Peso específico

$$P_{em} = \frac{A}{(B-C)} \times 100$$

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire (g).

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (g).

C = Peso en el agua de la muestra saturada (g).

- Peso específico de masa saturada con superficie seca (P_{esss})

$$P_{esss} = \frac{B}{(B-C)} \times 100$$

- Peso específico aparente (P_{ea})

$$P_{ea} = \frac{A}{(A-C)} \times 100$$

- Absorción (A_b)

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

3.6.3.1.2.6. Humedad

La norma empleada para la obtención del contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso es la NTP 339.185 “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad evaporable de agregados por secado”

- **Equipos**

- Balanza electrónica Ohaus para agregado grueso y fino: con una aproximación de 0.1 g y un peso máximo de 6000g.
- Horno Shel Lab: Con capacidad de 184 litros mantiene una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Recipiente de metal u otro material resistente al calor.

- **Materiales**

- La cantidad en los agregados puede ser variable, pero se recomienda tener en cuenta los siguientes valores mínimos (ver Tabla 39).

Tabla 39: *Tamaño de la muestra*

Tamaño máximo nominal de agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal (kg)
4.75 (0.187) (N°4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
5.0 (1)	4.0
37.5 (2.1/2)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2.1/2)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3.1/2)	16.0
100.0 (4)	25.0
150 (6)	50.0

Fuente: Manual de ensayo de materiales (MTC), 2018

- **Procedimiento**

- Se colocaron 3 recipientes por cada tipo de agregado los cuales serán debidamente codificado con la finalidad de establecer un orden en las muestras.
- Del mismo modo se pesó el agregado por cada recipiente en la balanza con una aproximación de 0.1 g.

- Luego se colocó cada muestra en el horno por un mínimo de 24 horas, hasta peso constante.
- Una vez seca la muestra inmediatamente se volvió a pesar y se anotó el peso obtenido para de este modo proceder a los cálculos.

- **Cálculo**

Para el cálculo de la humedad evaporable se procede a la siguiente fórmula:

$$P = \frac{W-D}{D} \times 100$$

Donde:

P = Contenido total de humedad total evaporable de la muestra en porcentaje (%).

W = Masa de la muestra húmeda original antes del horno (g).

D = Masa de la muestra seca (g).

3.6.3.1.2.7. Especificaciones

Los resultados obtenidos deben cumplir lo establecido por la norma NTP 400.037 “Especificaciones normalizadas para agregados en concreto”, donde se muestra una serie de ábacos granulométricos y porcentajes que el material extraído de cantera debe cumplir.

3.6.3.2. Diseño de concreto

Para la obtención de un concreto con $f'c$ 280 kgf/cm², se empleó la metodología de diseño ACI 211.1 empleada para concreto de peso liviano, normal y pesado.

- Especificaciones de diseño:
- Cemento: MS – PACASMAYO
- Asentamiento: 3 “
- No se incluirá aire
- Procedimiento:

- Primero se calculó la resistencia promedio requerida; debido a que no se tiene registro de la resistencia de probetas en obras anteriores (ver Tabla 40).

Tabla 40: *Resistencia a la compresión requerida*

Resistencia a la compresión (f'c)	Resistencia a la compresión requerida (f'cr)
Menor a 210 kgf/cm ²	f'c + 70
210 kgf/cm ² – 350 kgf/cm ²	f'c + 84
Mayor a 350 kgf/cm ²	f'c + 98

Fuente: ACI 211, 2016

- Para el contenido de aire atrapado (ver Tabla 41), el cual se produce por el propio material y al momento del mezclado del concreto. El diseño ACI muestra los siguientes valores:

Tabla 41: *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

Fuente: ACI,2018

- Además, de acuerdo al requerimiento del proyecto de investigación se escogió un slump o asentamiento que pueda cumplir y no dar problemas al momento de la colocación. Para poder darle el acabado especificado será necesario tener una mezcla no tan fluida por lo cual nuestro slump es bajo.

Una vez determinado el slump y el tamaño máximo nominal se procedió a aplicar la siguiente tabla con la finalidad de obtener el contenido de agua (ver Tabla 42). Tomando en cuenta que no se incorporó aire.

Tabla 42: *Volumen unitario de agua*

Agua en l/m ³ , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	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"	216	205	197	184	174	166	154	----

Fuente: ACI, 2018

- De este modo se calculó la relación agua cemento (ver Tabla 43) de acuerdo a la resistencia promedio, aplicando la siguiente tabla:

Tabla 43: *Relación agua/cemento por resistencia*

F'c (Kgf/cm ²)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	----
450	0.38	----

Fuente: ACI, 2018

- Como la resistencia promedio requerida calculada no se encuentra dentro de la tabla, se tuvo que aplicar interpolación entre las resistencias de 250 kgf/cm² y 300 kgf/cm².

- Por medio de la siguiente fórmula se calculó la cantidad de cemento necesaria en kilogramos (kg).

$$\frac{\text{Cantidad de agua (Litros)}}{\text{Cantidad de cemento (Kg)}} = \text{Relación agua cemento obtenida}$$

- Para la cantidad del agregado grueso, fue necesario aplicar la siguiente tabla para la cual será necesario tener el Tamaño máximo nominal de la piedra y el módulo de finura de la arena (ver Tabla 44).

Tabla 44: *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del agregado fino (m ³).				
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI, 2018

- Por el módulo de finura obtenido, se procede a interpolar los datos siempre y cuando no se encuentren dentro de la tabla. Una vez obtenido el peso del agregado por unidad de volumen en m³, se procedió a multiplicar por su peso unitario suelto compactado.
- Para calcular el volumen absoluto se aplicó las siguientes fórmulas:

$$\text{volumen del material (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso obtenido}}{\text{peso específico del material}}$$

$$\text{Volumen de aire (m}^3\text{)} = \frac{\text{porcentaje de aire}}{100}$$

- El volumen absoluto del agregado fino se obtendrá restando 1 m³ menos la sumatoria de los volúmenes del agua, aire, cemento y agregado grueso.
- Una vez obtenido el volumen absoluto del agregado fino se multiplicó por su peso específico y así se obtuvo el peso del fino en kilogramos (kg).
- Se tuvo que realizar la corrección por humedad de agregado grueso y fino aplicando la siguiente fórmula:

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

- Para calcular el aporte de agua de los agregados a la mezcla fue necesario aplicar la siguiente fórmula:

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

- Finalmente se sumó todo el aporte y se restó de la cantidad de agua calculada, para de esta manera organizarlos en las tablas correspondientes.

3.6.3.3. Elaboración de especímenes de concreto y ruptura

La elaboración de los especímenes de concreto se realizó según las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) y además se empleó el diseño obtenido según los procedimientos del ACI 211.

○ Equipos

- Palana o lampa.
- Barra compactadora de acero liso 16 mm (5/8”) de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud y terminada en punta semiesférica.
- Badilejo.

- Moldes viga y cilíndricos.

- Maquina prensadora.

- Neopreno.

○ **Materiales**

- Agregado grueso (piedra).

- Agregado fino (arena gruesa).

- Cemento (MS).

- Agua.

○ **Procedimiento**

- Se realizó la mezcla de los materiales (cemento, agua y agregados) con la palana hasta obtener uniformidad tanto en el color como en la distribución de los materiales según el ACI 211.

- La mezcla es colocada en los moldes cilíndricos y vigas; con el badilejo es nivelado en la superficie.

- Una vez colocada la mezcla para los especímenes con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes (ver Figura 44), se colocan las piedras de tal manera que se pueda aprovechar la máxima cantidad en el área.

Figura 44: *Incrustación de piedras fotoluminiscentes*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Después de 24 horas se colocó dentro de agua (ver Figura 45) con la finalidad de que se efectuó el curado del concreto.

Figura 45: *Curado de probetas*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Finalmente, a los 28 días de curado se somete a compresión las probetas cilíndricas con neopreno antes de ser colocada en la maquina prensadora (ver Figura 46).

Figura 46: *Compresión de probetas cilíndricas*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Las probetas vigas se someten a flexión en la maquina correspondiente (ver Figura 47).

Figura 47: *Flexión de probetas viga*



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6.3.4. Caracterización de las piedras fotoluminiscentes

3.6.3.4.1. Iluminación

- **Equipos**

- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts y 500 watts.
- Foco incandescente Philips con potencia de 100 watts.

- **Programas**

- Logger Pro; admisible para más de 80 sensores, compatible con LabPro y Windows.

- **Materiales**

- Piedra fotoluminiscente en cantidad variable.

- **Procedimiento**

- Conectar la interfaz a la computadora personal utilizando su cable con puerto USB (Universal Serial Bus).
- El adaptador debe conectarse al suministro de energía de la interfaz.
- En Windows se debe localizar el icono representativo del Logger Pro.
- Una vez abierto el archivo se debe dar clic en el botón de recolección o pulsar la tecla F11. En su defecto seleccionar “Toma de datos” en el menú de experimento (Se debe desplegar número en la columna de datos).
- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en una superficie oscura la cual sirvió como base de la caja (ver Figura 48).

Figura 48: *Lectura en fondo negro*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- De acuerdo a los requerimientos el proyector halógeno o foco incandescente se colocó a una distancia de 40 cm (ver Figura 49) debido al enfoque que este produce sobre las piedras.

Figura 49: *Altura de la lámpara 40 cm*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Para realizar la comparativa se dejó cargar las piedras por un lapso de 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos para verificar si existe variación.
- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura al material utilizando el sensor con sensibilidad de 0.2 lux previamente conectado al interfaz y a la computadora (ver Figura 50), la optimización del sensor se realizó en ensayos preliminares para poder observar la capacidad que este posee (ver Anexo 6, 10 y 11).

Figura 50: *Lectura de iluminación*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- El sensor se colocó a una altura de 20 cm (ver Figura 51).

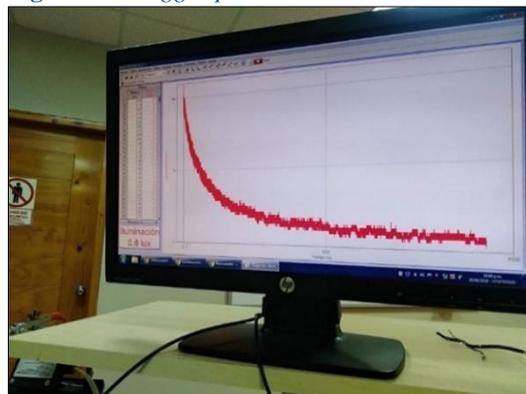
Figura 51: *Altura de sensor 20 cm*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos (ver Figura 52) donde las piedras presentan su mayor intensidad y el cual es suficiente para realizar la comparativa.

Figura 52: *Logger pro*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- La prueba se realizó 3 veces por tiempo y 3 veces por cada tipo de lámpara empleada.
- Al finalizar la toma de datos pulsar el botón “Detener” a menos que sea de forma de automática (Configuración realizada antes de la toma de datos).

3.6.3.4.2. Peso específico

- **Equipos**

- Balanza electrónica Ohaus con aproximación de 0.1 g y un peso máximo de 6000g.
- Probeta de vidrio de 25 ml.
- Martillo.

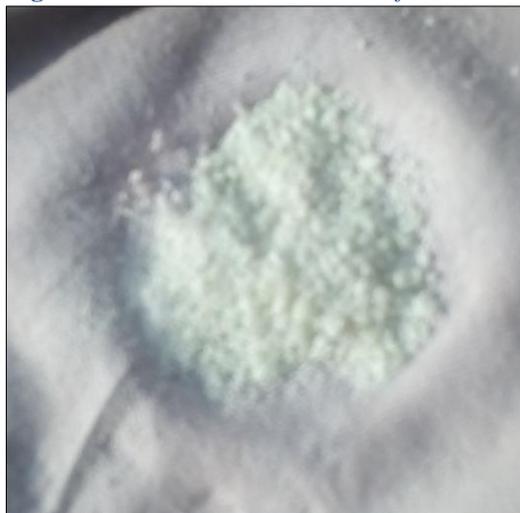
- **Materiales**

- 7 g de piedra fotoluminiscente.

- **Procedimiento**

- Se colocó la muestra de piedra fotoluminiscente dentro del horno con cuidado de que el calor no la quemara y verificando su peso constante.
- Se pulverizó la piedra fotoluminiscente (ver Figura 53) hasta pasar la malla N°50.

Figura 53: *Pulverizado de material fotoluminiscente*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Se llenó la probeta de agua hasta los 10 ml.

- Se vertió el polvo fotoluminiscente dentro de la probeta con cuidado de no desperdiciar el material.
- Se procedió a tomar medida del aumento del nivel de agua dentro de la probeta (ver Figura 54).

Figura 54: *Peso específico de las piedras fotoluminiscentes*



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6.3.4.3. Granulometría

- **Equipos**

- Balanza electrónica Ohaus para agregado grueso y fino: con una aproximación de 0.1 g y un peso máximo de 6000g.
- Horno Shel Lab: Con capacidad de 184 litros mantiene una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Tamices Forney de bronce: Los Tamices cumplirán con la N.T.P. 350.001.

- **Materiales**

- 500 g de piedra fotoluminiscente.

- **Procedimiento**

- Se colocó el orden de las mallas desde 3/8" hasta la N° 200 con la finalidad de obtener la granulometría exacta del material.

- Se vertió por la parte superior los 500 g de piedra fotoluminiscente (ver Figura 55).
- De 15 a 20 minutos se agitó la columna de tamices con la finalidad de obtener los datos exactos.

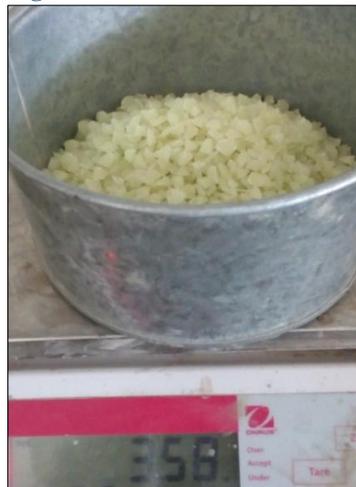
Figura 55: Tamizado



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Se pesó el material retenido en cada tamiz (ver Figura 56) para luego ser colocado el peso en las fichas de observación y realizar el cálculo respectivo.

Figura 56: Peso del material



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6.3.4.4. Ensayo de luz ultravioleta

- **Equipos**

- Sensor de luz ultravioleta con capacidad de 2 mW/cm^2

- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts.

- **Materiales**

- 500 g de piedra fotoluminiscente.

- **Procedimiento**

- Se procedió a cargar las piedras fotoluminiscentes por un tiempo de 20 minutos.

- Luego, se desconectó el proyecto para realizar la medición.

- Posterior a ello se colocó el sensor de radiación (ver Figura 57)

Figura 57: Lectura de luz ultravioleta



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Finalmente se recolecto la medida arrojada por el sensor de luz ultravioleta (ver Figura 58).

Figura 58: Lectura de radiación



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6.3.4.5. Ensayo de abrasión

- **Equipos**

- Máquina de abrasión de los Ángeles

- Una esfera de acero

- Cronómetro con minutos y segundos.

- Malla tamiz N°12

- Balanza con aproximación de 0,1 gr

• **Materiales**

- 500g de piedras fotoluminiscentes

• **Procedimiento**

- Se colocó 500 gr de piedra fotoluminiscente a la máquina de los Ángeles (ver Figura 59).

Figura 59: *Colocación del material*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Luego se colocó la esfera de acero a la máquina de los Ángeles (ver Figura 60).

Figura 60: *Esfera de acero*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Posterior a ello se colocó la tapa protectora (ver Figura 61) y se aseguró las tuercas.

Figura 61: *Colocación de tapa*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Se calculó el tiempo de 17 minutos en rotación, finalmente se tamizó el material con la malla N°12 (ver Figura 62) y se pesó el material que queda en la malla.

Figura 62: Tamizado con malla N°12



Fuente: Elaboración propia, 2018

3.6.3.4.6. Tiempo de descarga

- **Equipos**

- Reloj con horas minutos y segundos.
- Cronómetro con minutos y segundos.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts.

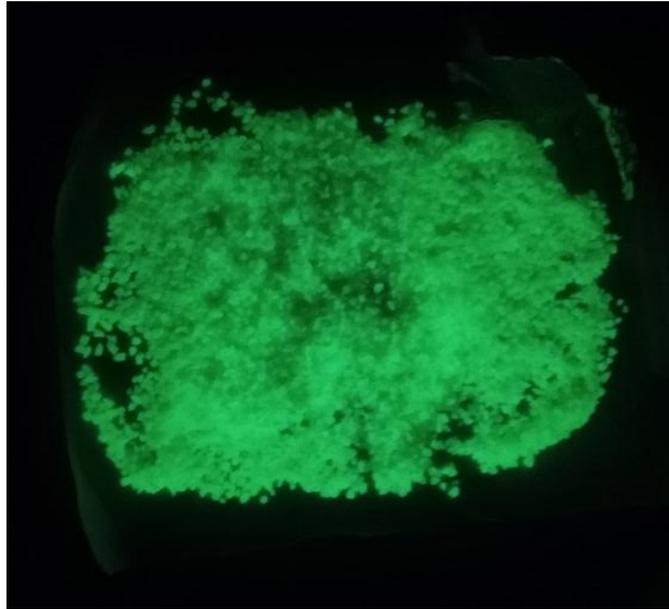
- **Materiales**

- 150 g de piedra fotoluminiscente.

- **Procedimiento**

- Se colocó la muestra de piedra fotoluminiscente a exposición del proyector halógeno, por tiempos de 5 minutos, 10 minutos y 15 minutos.
- Luego se desconectó el proyector halógeno para realizar la medida correspondiente.
- Se tomó el tiempo de la muestra hasta que sea visible una iluminación (ver Figura 63) igual a 0 lux.

Figura 63: *Iluminación nocturna*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Se realizó el ensayo 3 veces por tiempo distinto.

3.6.3.4.7. Ensayo de señalización fotoluminiscente según la norma española (UNE) 23035

- **Equipos**

- Recipiente cilíndrico con dimensiones mínimas de 5 cm de diámetro y 8 cm de altura.
- Sensor de luz vernier.
- Luz blanca con iluminación de 1000 lux

- **Materiales**

- Cantidad variable de piedras fotoluminiscentes.

- **Procedimiento**

- Se colocó las piedras fotoluminiscentes dentro del recipiente cilíndrico.
- La luz blanca fue ubicada a 40 cm del recipiente cilíndrico con la finalidad de dar proyección al contenido (ver Figura 64).

Figura 64: *Recipiente cilíndrico*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Luego de 5 minutos de carga, se procede a realizar el análisis con el sensor de luz por un mínimo de 10 minutos (ver Figura 65).

Figura 65: *Lectura del recipiente cilíndrico*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- El ensayo se realizó 3 veces.

3.6.3.5. Iluminación del concreto con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes

- **Equipos**

- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts.

- **Materiales**

- Testigo de 23 cm x 6 cm.

- **Procedimiento**

- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en un ambiente oscuro.
- De acuerdo a los requerimientos el proyector se colocó a una distancia de 40 cm debido al enfoque que este produce sobre la superficie del concreto (ver Figura 49).
- Para realizar la comparativa se dejó cargar los testigos con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes por un lapso de 20 minutos.
- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura a los testigos con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes utilizando el sensor con sensibilidad de 0.2 lux previamente conectado al interfaz y a la computadora (ver Figura 50).
- El sensor se colocó a una altura de 40 cm.
- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos donde las piedras presentan su mayor intensidad y el cual es suficiente para realizar la comparativa.
- La prueba se realizó 3 veces.

3.7. Métodos, instrumentos y procedimiento de análisis de datos

3.7.1. Método de análisis de datos

La investigación se realizó por el método de inferencia estadística, debido a que a partir de la información obtenida por una muestra; nos permite inducir el comportamiento en una población específica, tomando en cuenta que el error será medible en probabilidad.

3.7.2. Instrumento de análisis de datos

Se utilizó las pruebas Anova de un factor respectivamente cuando se requirió analizar más de dos muestras y T student para muestras independientes cuando como máximo se pudieron analizar dos muestras. Antes de ellos fue necesario aplicar la prueba Shapiro-Wilk para comprar el cumplimiento con el criterio de normalidad y homocedasticidad.

Para el análisis de datos se empleó el software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) o lo que en español se traduce como Paquete estadístico para ciencias sociales creado por la empresa estadounidense International Business Machines (IBM).

Para las pruebas es necesario considerar dos tipos de hipótesis: Hipótesis nula (H_0) e Hipótesis alterna (H_a). En ambos casos la hipótesis nula refleja la igualdad entre valores a comparar, mientras que en el caso de la hipótesis alterna muestra la diferencia significativa que existe entre estas.

3.7.3. Procedimiento de análisis de datos

Los análisis de datos respectivos se realizaron de acuerdo con las hipótesis específicas descritas en tablas anteriores. Se establece afirmaciones para la hipótesis nula (H_0) e hipótesis alterna (H_a); además es necesario cumplir con los criterios de normalidad y homogeneidad de varianza, que se establece con el programa SPSS.

La distribución normal o distribución de Gauss está determinada por dos parámetros importantes entre ellas están la media (conocido por el valor promedio obtenido de todos los datos analizados) y la desviación estándar (conocida como la dimensión en la que se aleja los datos de la media); cuando la cantidad de muestra es menor a 50 datos se aplicará el método de Shapiro-Wilk. Finalmente, para poder determinar la aceptación de la hipótesis alterna (H_a) o hipótesis nula (H_0), se debe seguir los siguientes criterios:

- Valor $p \geq \alpha$, se acepta la hipótesis nula (H_0), los datos presentan una distribución normal con un $\alpha=0.05$ (significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal).
- Valor $p < \alpha$, se acepta la hipótesis alterna (H_a), los datos no presentan una distribución normal con un $\alpha=0.05$ (significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal).

Se entiende que las muestras tienen un comportamiento normal pueden ser comparadas por pruebas de hipótesis paramétricas (Anova o T student).

Para el segundo criterio de homogeneidad de varianzas u homocedasticidad, se empleó la prueba de Levene ya que los datos seleccionados para las pruebas estadísticas presentan un comportamiento paramétrico debido a su distribución normal; lo cual no implica no poder usar la prueba de Bartlett solo que este método en la mayoría de casos es usado para un grupo de muestras con características no paramétricas. Así mismo, para determinar la aceptación de la hipótesis alterna (H_a) o hipótesis nula (H_0), se sigue los siguientes criterios:

- Valor $p \geq \alpha$, se acepta la hipótesis nula (H_0), los datos presentan homocedasticidad con un $\alpha=0.05$ (significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal).
- Valor $p < \alpha$, se acepta la hipótesis alterna (H_a), los datos no presentan homocedasticidad con un $\alpha=0.05$ (significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal).

Para el teorema de Gauss-Márkov, se exige la presencia de homocedasticidad debido a que refleja coeficientes mejores y eficientes. Para de este modo preceder a la comparativa por medio de las pruebas de hipótesis paramétricas (Anova o T student).

Finalmente se aplica las pruebas de hipótesis Anova de un factor o T student para dos muestras independientes según se requiera. Pero para ambos casos la determinación de aceptación para hipótesis alterna (H_a) o hipótesis nula (H_0), se realizará con los siguientes criterios:

- Valor $p \geq \alpha$, se acepta la hipótesis nula (H_0) con una $\alpha=0.05$ (significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal).

Valor $p < \alpha$, se acepta la hipótesis alterna (H_a) con una $\alpha=0.05$ (significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal).

3.7.3.1. Media Aritmética

Es el valor medio el cual es calculado como la sumatoria de los datos dividido entre la cantidad de estos mismo, tal y como lo expresa la siguiente fórmula:

$$\bar{X} = \frac{x_1+x_2+x_3+ \dots X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Donde:

X = valor de la media.

n= número de datos.

X_i = representación de cada dato en el conjunto.

3.7.3.2. Desviación Estándar

Medida de dispersión que indica que tan dispersos se encuentran los datos con respecto a la media aritmética.

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

Donde:

DS=Desviación estándar.

σ^2 = Varianza.

3.7.3.3. Varianza

Al igual que la desviación estándar mide que tan dispersos se encuentran los datos con respecto de la media. La varianza se puede denominar como la desviación estándar (DS) elevada al cuadrado; mientras menor sea el valor de este significa que el resultado es más próximo a la media. Por lo tanto, refleja una estandarización con respecto a la muestra.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_j - X)^2}{n - 1}$$

Donde:

σ^2 = Varianza.

X_j = Dato del conjunto.

X = Promedio de datos del conjunto.

n = cantidad de datos del conjunto.

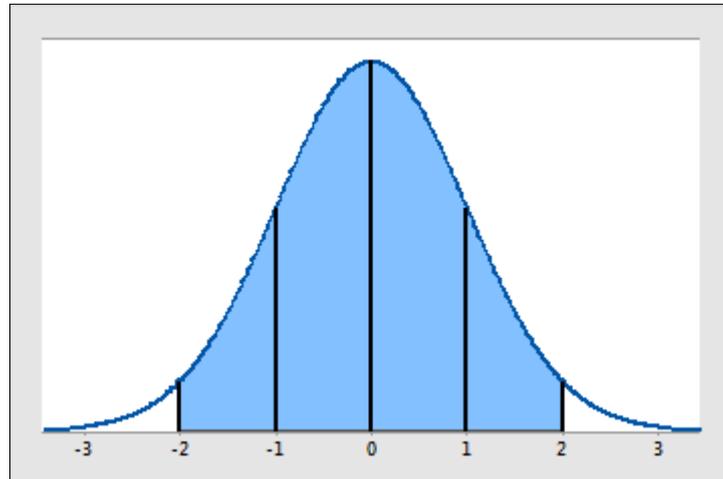
3.7.3.4. Distribución Normal

Distribución normal o distribución de Gauss, haciendo referencia a la ya conocida campana de Gauss aplicado para ver la asimetría en un conjunto de datos con respecto a la media; representa la relación que existe entre la desviación estándar y la media. Con la finalidad de estimar el porcentaje de observaciones de datos. Debido a que si el 95% de los valores se ubica dentro del ± 1.96 desviaciones estándar con respecto de la media, todo aquel que se encuentre menos de 5% (0.05) se encontrara fuera del rango (minitab , 2017).

Tal y como se representa en las siguientes ilustraciones los valores en el eje de coordenadas “x” representa al valor a multiplicar por la desviación estándar (ver Figura 66), el valor sombreado

representa el 95% de datos que se ubican dentro de los márgenes establecidos por la desviación estándar.

Figura 66: Campana de Gauss



Fuente: Minitab, 2017

3.7.3.5. Test de Shapiro-Wilk (S-W)

Se emplea cuando el tamaño de la muestra es menor o igual a 50; la prueba de contraste de bondad sirve como ajuste a una distribución normal. Por lo mismo que cuando se posee tamaños de muestra mayores a 50, por la magnitud se aplica el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Recordando que las pruebas de bondad se realizan para contrastar la procedencia de los datos obtenidos con la finalidad de poder observar que provienen de una distribución normal (Romero M., 2016).

3.7.3.6. Homogeneidad de Varianza

La homogeneidad de varianzas o también conocido como supuesto de homocedasticidad, refleja cuando las varianzas son iguales y no existe variación alguna entre grupos al momento de realizar los contrastes de las hipótesis. Por lo que es recomendable usar la misma cantidad de muestras cuando se realice el comparativo (Amat, 2016).

3.7.3.7. Test de Levene

Por medio de este test se puede comparar dos o más poblaciones las cuales siguen una distribución normal, siendo este test un poco más abierto ante las desviaciones de la normal. Mucha diferencia con el F-test y el test de Barlett, los cuales si exigen un análisis estadístico más profundo ya que son más sensibles con respecto a las desviaciones de la normal (Amat, 2016).

3.7.3.8. Pruebas de hipótesis

Se considera una regla para determinar si se puede aceptar o rechazar una afirmación dependiendo de la evidencia proporcionada; es en este punto donde la presencia de la hipótesis nula e hipótesis alterna es la parte más importante de la investigación, ya que ambas son totalmente opuestas y darán respuesta al posible efecto que pueda existir. Siempre que se cumpla los criterios de significancia y “valor p” antes descritos. (Minitab, 2017).

3.7.3.9. Anova

Anova o también conocido como análisis de variación (Analysis of variance), se aplica cuando se tiene varios grupos de variables cuantitativas, con la finalidad de ver si existe la presencia de variación alguna en sus medias correspondientes. Por lo general estos grupos están compuestos por variables dependientes e independientes.

3.7.3.10.T-Student

T student o también denominada como t del estudiante, se utiliza cuando se desea comparar medias entre grupos con la limitante que los grupos a comparar no sean mayores a dos. Por lo que sus grupos por lo general están compuestos por variables dependientes.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

En este capítulo se presentan todos los resultados obtenidos en los ensayos descritos en la sección 3.6.3 “Procedimiento de recolección de datos”.

4.1. Granulometría de los agregados finos y gruesos (NTP 400.012)

4.1.1. Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo 1

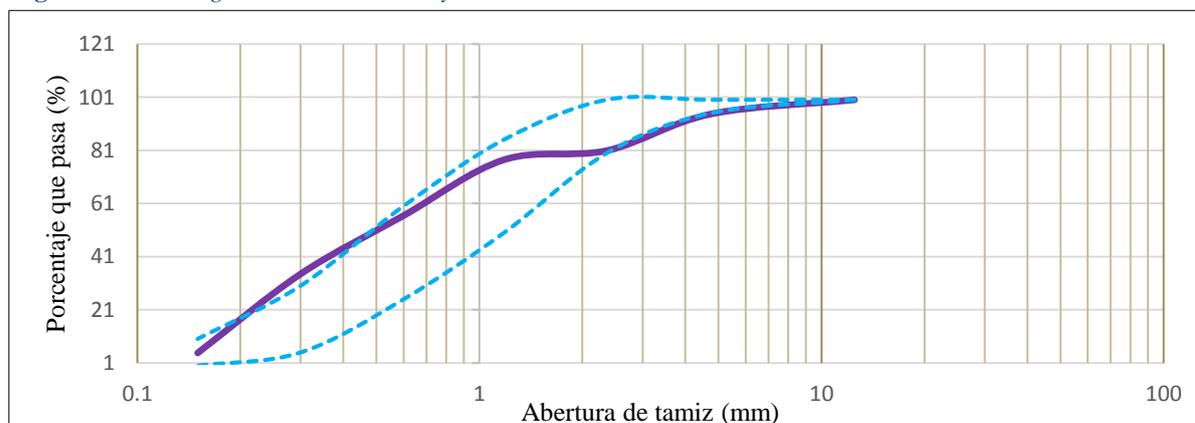
La granulometría del agregado fino se realizó 3 veces con muestras de distinto contenedor (ver Anexo 8). En el presente ensayo se determinó que el módulo de finura (MF) es de 2.5 (ver Tabla 45), pero en los husos granulométricos se observa cierta variación con respecto a los rangos establecidos por la NTP (ver Figura 67).

Tabla 45: Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	26.75	5.36	5.36	94.64
N°8	2.36	68.75	13.76	19.12	80.88
N° 16	1.18	17.25	3.45	22.57	77.43
N°30	0.60	105.00	21.02	43.59	56.41
N°50	0.30	109.75	21.97	65.57	34.43
N°100	0.15	148.50	29.73	95.30	4.70
FONDO	0.00	23.50	4.70	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 67: Curva granulométrica – ensayo 1



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.1.2. Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo corregido 1:

La granulometría del agregado fino corregido por tamizado se realizó 3 veces con muestras de distinto contenedor (ver Anexo 9). Se determinó que el módulo de finura (MF) de 3.0 (ver Tabla 46), y en los husos granulométricos cumple con lo estipulado por la NTP (ver Figura 68).

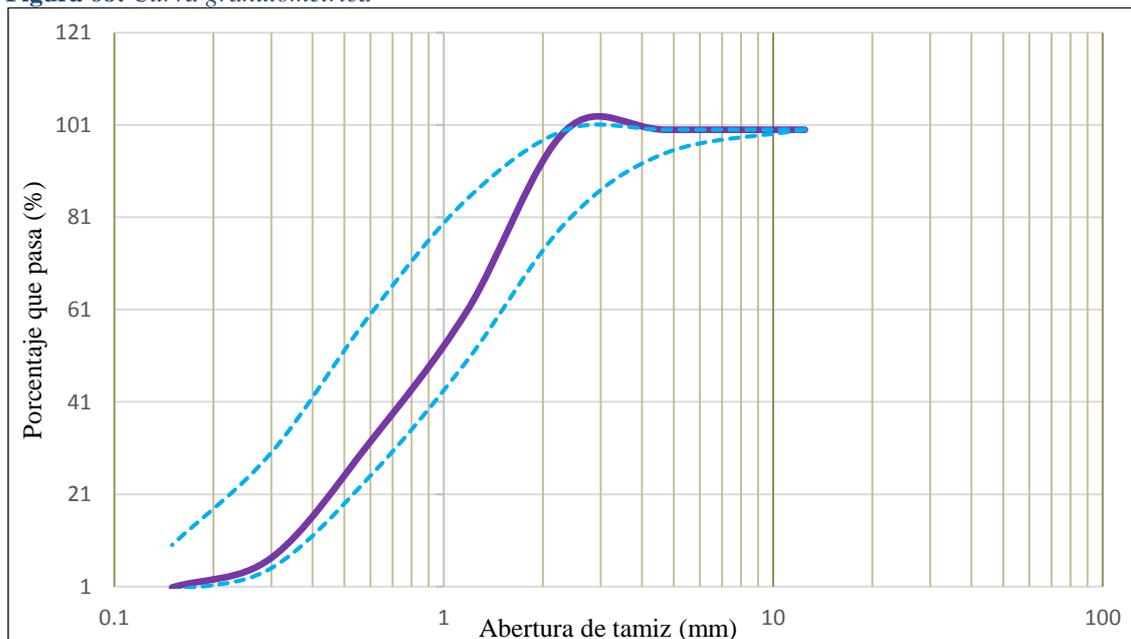
Tabla 46: Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 16	1.18	196.00	39.20	39.20	60.80
N°30	0.60	142.00	28.40	67.60	32.40
N°50	0.30	126.00	25.20	92.80	7.20
N°100	0.15	32.00	6.40	99.20	0.80
FONDO	0.00	4.00	0.80	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

Módulo de finura	3.0
------------------	-----

Figura 68: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.1.3. Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)-Ensayo 1

La granulometría del agregado grueso se realizó 3 veces con muestras de distinto contenedor (ver Anexo 10). Se determinó que cumplen con las características (ver Tabla 47) y husos (ver Tabla 69) que recomienda la Norma Técnica Peruana (NTP).

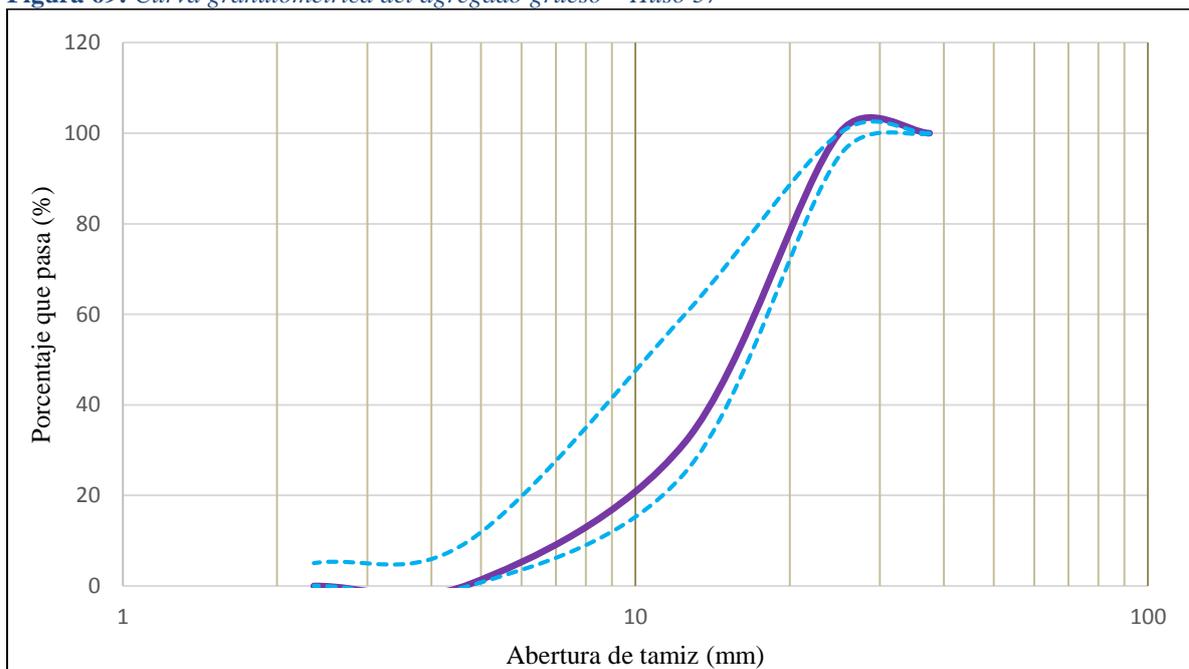
Tabla 47: Análisis granulométrico del agregado grueso

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	1364.00	68.27	68.27	31.73
N°4	4.75	626.00	31.33	99.60	0.40
N°8	2.36	8.00	0.40	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

Módulo de finura (MF)	8.6
Tamaño máximo (TM)	1"
Tamaño máximo nominal (TMN)	3/4"

Figura 69: Curva granulométrica del agregado grueso – Huso 57



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.2. Peso unitario de los agregados (NTP 400.017)

4.2.1. Ensayo de peso unitario seco compactado del agregado

En la tabla 48 y 49 del ensayo de peso unitario seco compactado del agregado fino y grueso el cual se realizó 3 veces obteniendo un resultado de 1630 kg/m^3 para el agregado fino y 1550 kg/m^3 para el agregado grueso.

Tabla 48: *Peso unitario compactado del agregado fino*

Ensayo al agregado fino	N° de ensayo			
	Muestra	1	2	3
Factor de calibración (m^3)		71.10	71.10	71.10
Peso del agua (kg)		14.02	14.00	14.04
Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$)		26.20	26.20	26.20
Densidad (kg/m^3)		996.72	996.72	996.72
Volumen (m^3)		0.01	0.01	0.01
Peso del molde (kg)		5.50	5.50	5.50
Peso del molde + muestra (kg)		28.24	28.45	28.37
Peso de la muestra (kg)		22.74	22.95	22.87
Peso unitario compactado (kg/m^3)		1 620	1 630	1 630
Promedio (kg/m^3)			1630	

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 49: *Peso unitario compactado del agregado grueso*

Ensayo al agregado grueso	N° de ensayo			
	Muestra	1	2	3
Factor de calibración (m^3)		71.10	71.10	71.10
Peso del agua (kg)		14.02	14.00	14.04
Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$)		26.20	26.20	26.20
Densidad (kg/m^3)		996.72	996.72	996.72
Volumen (m^3)		0.01	0.01	0.01
Peso del molde (kg)		5.50	5.50	5.50
Peso del molde + muestra (kg)		27.3	27.44	27.26
Peso de la muestra (kg)		21.8	21.94	21.76
Peso unitario compactado (kg/m^3)		1 550	1 560	1 550
Promedio (kg/m^3)			1550	

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.2.2. Ensayo de peso unitario seco suelto del agregado fino

En la tabla 50 y 51 el ensayo de peso unitario seco suelto del agregado fino y grueso el cual se realizó 3 veces obteniendo un resultado de 1480 kg/m^3 para el agregado fino y 1410 kg/m^3 para el agregado grueso.

Tabla 50: *Peso unitario del agregado fino*

Ensayo al agregado fino	N° de ensayo			
	Muestra	1	2	3
Factor de calibración (m^{-3})		71.10	71.10	71.10
Peso del agua (kg)		14.02	14.00	14.04
Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$)		26.20	26.20	26.20
Densidad (kg/m^3)		996.72	996.72	996.72
Volumen (m^3)		0.01	0.01	0.01
Peso del molde (kg)		5.50	5.50	5.50
Peso del molde + muestra (kg)		26.22	26.28	26.31
Peso de la muestra (kg)		20.72	20.78	20.81
Peso unitario compactado (kg/m^3)		1 470	1 480	1 480
Promedio (kg/m^3)		1 480		

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 51: *Peso unitario suelto del agregado grueso*

Ensayo al agregado grueso	N° de ensayo			
	Muestra	1	2	3
Factor de calibración (m^{-3})		71.10	71.10	71.10
Peso del agua (kg)		14.02	14.00	14.04
Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$)		26.20	26.20	26.20
Densidad (kg/m^3)		996.72	996.72	996.72
Volumen (m^3)		0.01	0.01	0.01
Peso del molde (kg)		5.50	5.50	5.50
Peso del molde + muestra (kg)		27.30	27.44	27.26
Peso de la muestra (kg)		21.80	21.94	21.76
Peso unitario compactado (kg/m^3)		1 410	1 420	1 410
Promedio (kg/m^3)		1 410		

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.3. Peso específico y absorción de los agregados

4.3.1. Ensayo del peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)

En la tabla 52 del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino el cual se realizó 3 veces se obtuvo una absorción igual a 0.67 % y un peso específico de 2680 kg/m³

Tabla 52: *Peso específico y absorción del agregado fino*

Descripción	N° de ensayo		
	1	2	3
Peso de muestra preparada (g)	500.00	500.00	500.00
Peso del frasco sin agua (g)	166.00	172.00	172.00
Peso del frasco volumétrico con agua hasta los 1000 cm ³ (g)	664.00	670.00	670.00
Volumen del frasco (g)	498.00	498.00	498.00
Peso del frasco volumétrico + muestra preparada (g)	978.00	982.00	982.00
Peso en gramos o volumen en cm ³ de agua añadida al frasco (g)	314.00	312.00	312.00
Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	497.00	496.00	497.00
Peso específico de masa (P _{em}) (kg/m ³)	2700	2670	2670
Promedio (kg/m³)		2 680	
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P _{ess}) (kg/m ³)	2720	2690	2690
Peso específico aparente (P _{ea}) (kg/m ³)	2750	2730	2720
Absorción (%)	0.60	0.81	0.60
Promedio (%)		0.67	

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.3.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)

En la tabla 53 del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso el cual se realizó 3 veces para poder obtener una absorción igual a 1.05 % y un peso específico de 2680 kg/m³.

Tabla 53: *Pe y absorción del agregado grueso*

Descripción	N° de ensayo		
	1	2	3
Peso de la rejilla (g)	1 602	1 602	1 602
Peso sumergido + tara (g)	2 870	2 870	2 872
Peso sumergido (g)	1 268	1 268	1 270
Temperatura del tanque (C°)	22	22	22
Peso de la tara (g)	270	299	283
Peso saturado superficialmente seco (g)	2 009	2 012	2 014
Peso seco (g)	1 990	1 990	1 992
Peso específico de masa (Pem) (kg/m ³)	2 690	2 680	2 680
Promedio (kg/m³)		2 680	
Peso específico de masa saturada superficialmente seca (kg/m ³)	2 710	2 700	2 710
Peso específico aparente (kg/m ³)	2 760	2 760	2 760
Absorción (%)	0.95	1.11	1.10
Promedio (%)		1.05	

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.4. Contenido de humedad de los agregados (NTP 339.185)

4.4.1. Ensayo de contenido de humedad del agregado por secado (NTP 339.185)

El ensayo de humedad por secado del agregado se realizó 3 veces por cada tipo de agregado, por lo que el resultado obtenido en el agregado fino es de 0.50% y del agregado grueso es de 0.47% (ver Tabla 54 y 55).

Tabla 54: *Contenido de humedad del agregado fino*

Ensayo al agregado fino	N° de ensayo		
	1	2	3
Peso de la muestra húmeda (g)	500.00	500.00	500.00
Peso de la muestra seca (g)	497.50	497.49	497.51
Contenido de humedad (%)	0.50	0.50	0.50
Promedio (%)	0.50		

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 55: *Contenido de humedad del agregado grueso*

Ensayo al agregado grueso	N° de ensayo		
	1	2	3
Descripción			
Peso de la muestra húmeda (g)	2 000.00	2 000.00	2 000.00
Peso de la muestra seca (g)	1 990.00	1 990.00	1 992.00
Contenido de humedad (%)	0.50	0.50	0.40
Promedio (%)	0.47		

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.5. Diseño de mezcla (ACI.211)

- **Datos**

- Pacasmayo MS
- $F'c$: 280 kgf/cm²
- Slump: 3''
- Contenido de aire: 2%

- **Agregados**

Las propiedades del agregado grueso y agregado fino para la elaboración del concreto (ver Tabla 56).

Tabla 56: Agregados

Agregados	Fino	Grueso
Perfil		Angular
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1480	1410
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1630	1550
Peso específico (kg/m ³)	2680	2680
Módulo de fineza	2.9	8.7
TMN		3/4"
%Absorción	0.67	1.05
%Humedad (w)	0.50	0.47

Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Diseño**

Siguiendo el proceso del ACI 211 se obtiene los resultados finales (ver Tabla 57).

Tabla 57: Diseño de mezcla ACI 211

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
439.91	735.45	950.00	211.80	
1	1.67	2.16	20.46	Its /bls

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.6. Características de las piedras fotoluminiscentes y concreto luminoso

4.6.1. Iluminación respecto a la fuente de carga

Para la fuente de carga se utilizaron distintos proyectos halógenos los cuales tuvieron una iluminación de 451.34 lux, 1759.38 lux y 4930.82 lux, con la finalidad de observar el comportamiento que las piedras fotoluminiscentes poseen de acuerdo al contexto en el que se encuentran.

4.6.1.1. Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 minutos

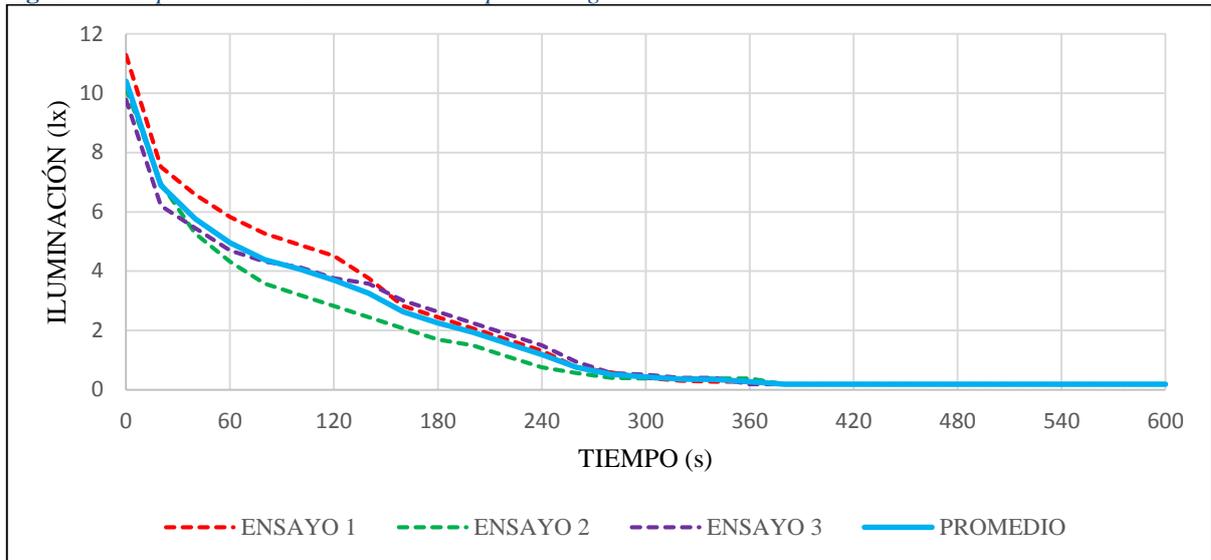
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 451.34 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 58) (ver Figura 70).

Tabla 58: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.*

Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	11.2821	10.1538	9.7778	10.4046	320	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
20	7.5214	6.9573	6.2051	6.8946	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	6.5812	5.2650	5.4530	5.7664	360	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
60	5.8291	4.3248	4.7009	4.9516	380	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
80	5.2650	3.5726	4.3248	4.3875	400	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
100	4.8889	3.1966	4.1368	4.0741	420	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
120	4.5128	2.8205	3.7607	3.6980	440	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
140	3.7607	2.4444	3.5726	3.2593	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	2.8205	2.0684	3.0085	2.6325	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	2.4444	1.6923	2.6325	2.2564	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.0684	1.5043	2.2564	1.9430	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.6923	1.1282	1.8803	1.5670	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.3162	0.7521	1.5043	1.1909	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.7521	0.5641	0.9402	0.7521	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 70: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.6.1.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos

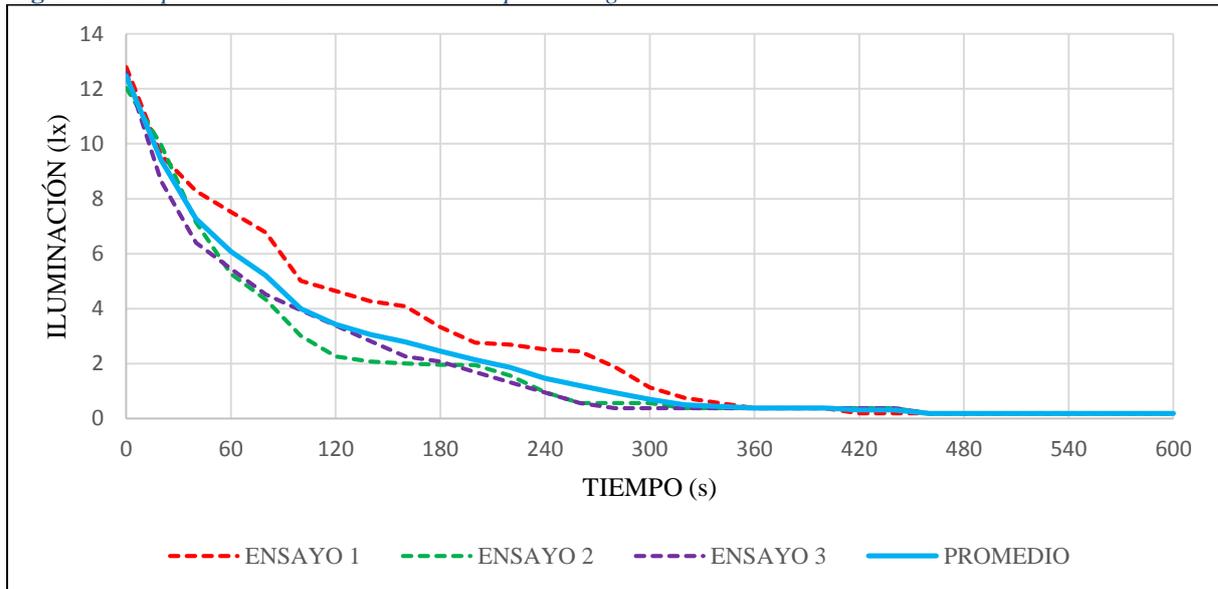
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 59) (ver Figura 71).

Tabla 59: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.

Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.7863	12.0342	12.5983	12.4729	320	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
20	9.5897	9.9658	8.6496	9.4017	340	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
40	8.2735	7.1453	6.3932	7.2707	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	7.5214	5.2650	5.4530	6.0798	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.7692	4.3248	4.5128	5.2023	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	5.0171	3.0085	3.9487	3.9914	420	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
120	4.6410	2.2564	3.3846	3.4273	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	4.2650	2.0684	2.8205	3.0513	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	4.0889	2.0023	2.2564	2.7825	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	3.3248	1.9543	2.0684	2.4492	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.7607	1.9402	1.6923	2.1311	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.6846	1.5641	1.3162	1.8550	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.5085	0.9548	0.9402	1.4678	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.4444	0.5641	0.5641	1.1909	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	0.5641	0.3761	0.9402	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.1282	0.5641	0.3761	0.6895					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 71: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.6.1.3. Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 minutos

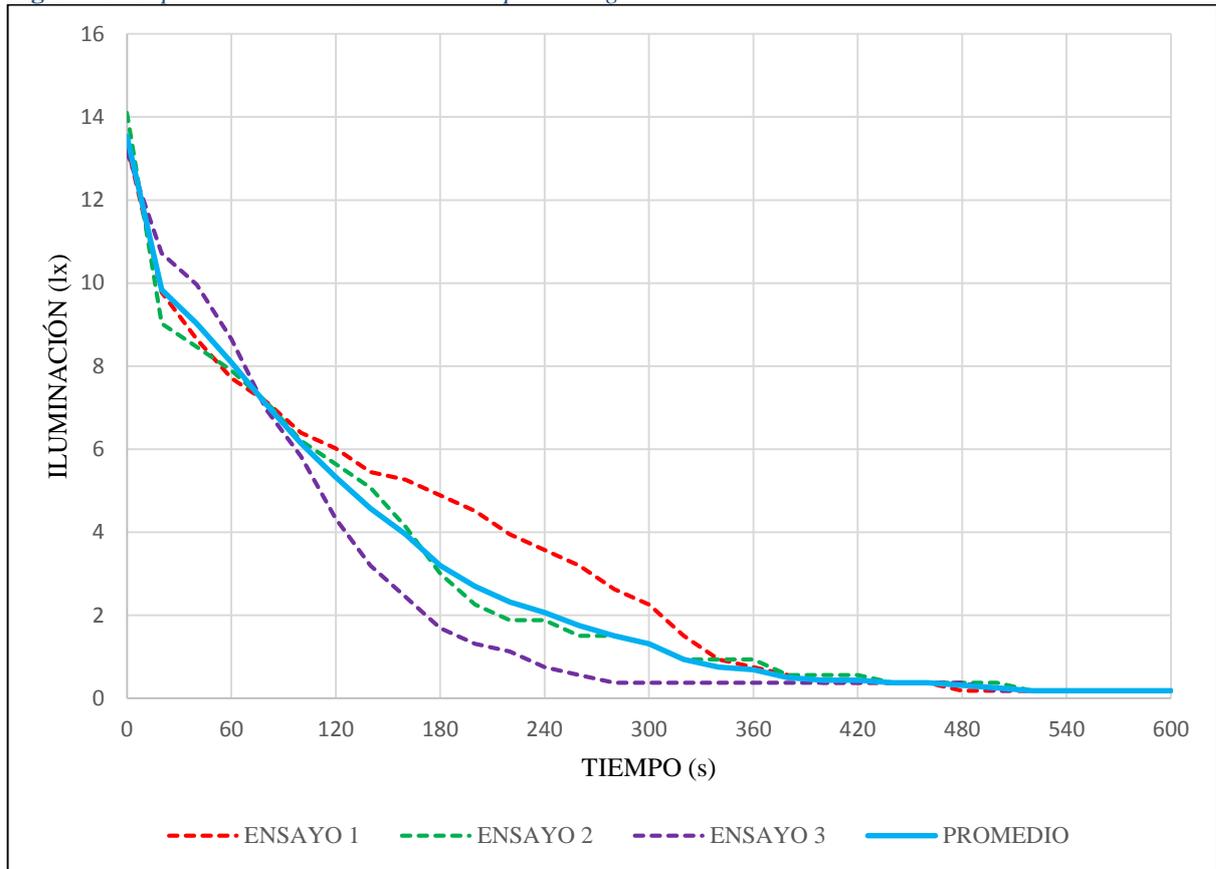
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 4930.82 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 60) (ver Figura 72).

Tabla 60: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.

Tiempo (s)	Ensayo 1 (lux)	Ensayo 2 (lux)	Ensayo 3 (lux)	Promedio (lux)	Tiempo (s)	Ensayo 1 (lux)	Ensayo 2 (lux)	Ensayo 3 (lux)	Promedio (lux)
0	13.3504	14.1026	13.1624	13.5385	320	1.5043	0.9402	0.3761	0.9402
20	9.7778	9.0256	10.7179	9.8405	340	0.9402	0.9402	0.3761	0.7521
40	8.6496	8.4615	9.9658	9.0256	360	0.7521	0.9402	0.3761	0.6895
60	7.7094	7.8974	8.6496	8.0855	380	0.5641	0.5641	0.3761	0.5014
80	7.1453	7.1453	6.9573	7.0826	400	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
100	6.3932	6.2051	5.8291	6.1425	420	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
120	6.0171	5.641	4.3248	5.3276	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	5.453	5.0769	3.1966	4.5755	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	5.265	4.1368	2.4444	3.9487	480	0.188	0.3761	0.3761	0.3134
180	4.8889	3.0085	1.6923	3.1966	500	0.188	0.3761	0.188	0.2507
200	4.5128	2.2564	1.3162	2.6952	520	0.188	0.188	0.188	0.1880
220	3.9487	1.8803	1.1282	2.3191	540	0.188	0.188	0.188	0.1880
240	3.5726	1.8803	0.7521	2.0684	560	0.188	0.188	0.188	0.1880
260	3.1966	1.5043	0.5641	1.7550	580	0.188	0.188	0.188	0.1880
280	2.6325	1.5043	0.3761	1.5043	600	0.188	0.188	0.188	0.1880
300	2.2564	1.3162	0.3761	1.3162					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 72: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.6.2. Iluminación respecto a los distintos tiempos de carga

Se determinó la posible variación que existe al colocar las piedras fotoluminiscentes a distintos tiempos de carga de 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos.

4.6.2.1. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 minutos

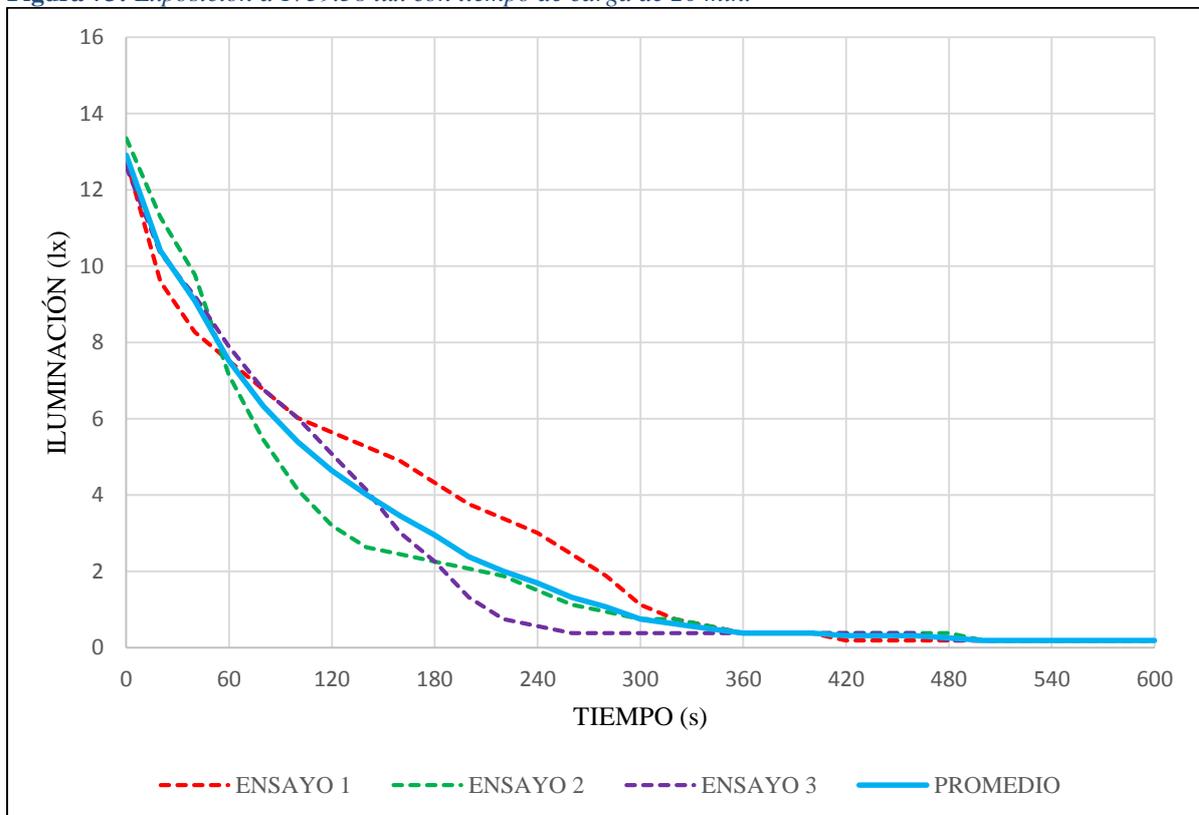
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtienen los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 61) (ver Figura 73).

Tabla 61: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.*

Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.7863	13.3504	12.5983	12.9117	320	0.7521	0.7521	0.3761	0.6268
20	9.5897	11.2821	10.3419	10.4046	340	0.5641	0.5641	0.3761	0.5014
40	8.2735	9.7778	9.2137	9.0883	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	7.5214	7.1453	7.8974	7.5214	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.7692	5.453	6.7692	6.3305	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	6.0171	4.1368	6.0171	5.3903	420	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
120	5.641	3.1966	5.0769	4.6382	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	5.265	2.6325	4.1368	4.0114	460	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
160	4.8889	2.4444	3.0085	3.4473	480	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
180	4.3248	2.2564	2.2564	2.9459	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	3.7607	2.0684	1.3162	2.3818	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.3846	1.8803	0.7521	2.0057	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.0085	1.5043	0.5641	1.6923	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.4444	1.1282	0.3761	1.3162	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	0.9402	0.3761	1.0655	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.1282	0.7521	0.3761	0.7521					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 73: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.6.2.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos

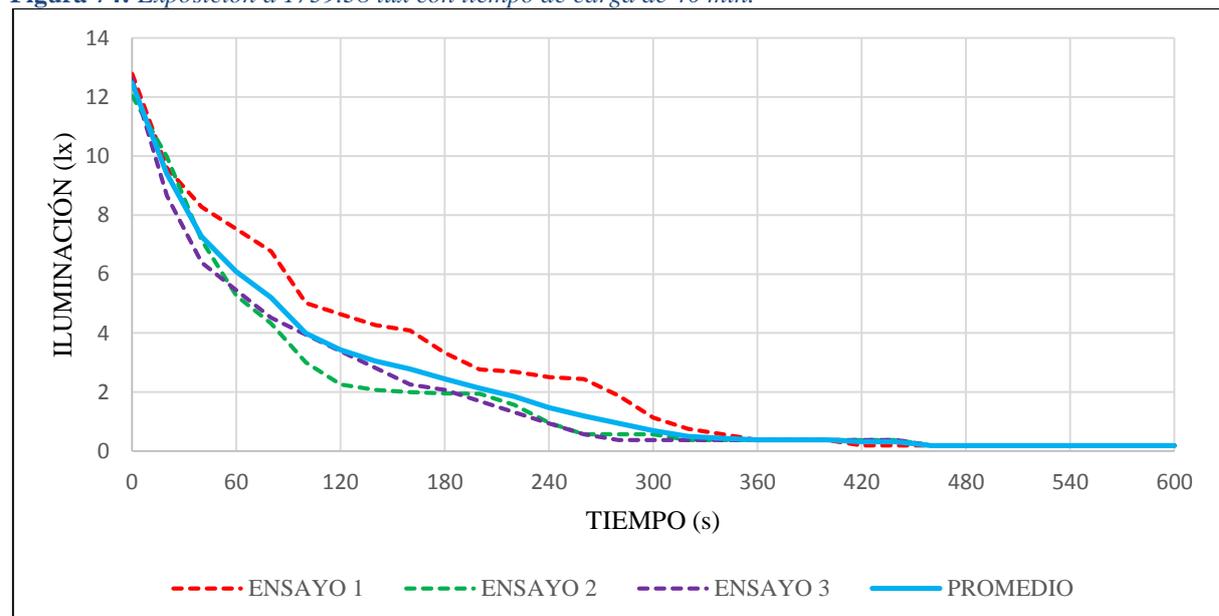
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 62) (ver Figura 74).

Tabla 62: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.*

Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.7863	12.0342	12.5983	12.4729	320	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
20	9.5897	9.9658	8.6496	9.4017	340	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
40	8.2735	7.1453	6.3932	7.2707	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	7.5214	5.2650	5.4530	6.0798	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.7692	4.3248	4.5128	5.2023	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	5.0171	3.0085	3.9487	3.9914	420	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
120	4.6410	2.2564	3.3846	3.4273	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	4.2650	2.0684	2.8205	3.0513	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	4.0889	2.0023	2.2564	2.7825	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	3.3248	1.9543	2.0684	2.4492	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.7607	1.9402	1.6923	2.1311	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.6846	1.5641	1.3162	1.8550	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.5085	0.9548	0.9402	1.4678	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.4444	0.5641	0.5641	1.1909	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	0.5641	0.3761	0.9402	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.1282	0.5641	0.3761	0.6895					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 74: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.6.2.3. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 minutos

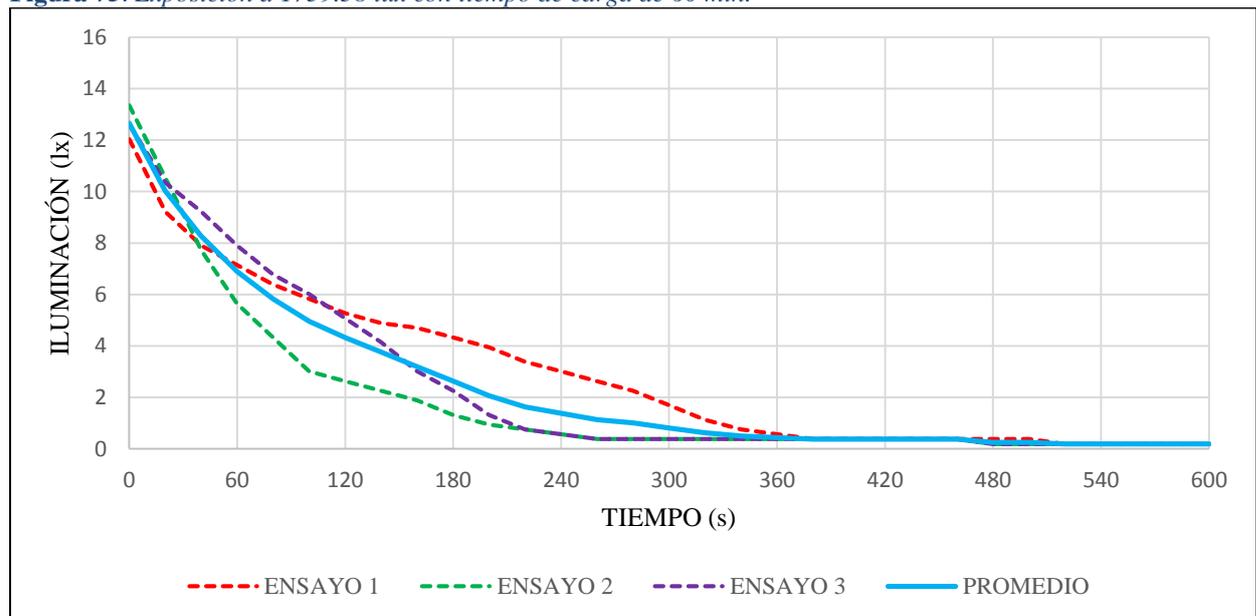
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 63) (ver Figura 75).

Tabla 63: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.

Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio	Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.0342	13.3504	12.5983	12.6610	320	1.1282	0.3761	0.3761	0.6268
20	9.2137	10.5299	10.3419	10.0285	340	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
40	7.8974	7.7094	9.2137	8.2735	360	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
60	7.1453	5.6410	7.8974	6.8946	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.3932	4.3248	6.7692	5.8291	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	5.8291	3.0085	6.0171	4.9516	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	5.2650	2.6325	5.0769	4.3248	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	4.8889	2.2564	4.1368	3.7607	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	4.7009	1.8803	3.0085	3.1966	480	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
180	4.3248	1.3162	2.2564	2.6325	500	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
200	3.9487	0.9402	1.3162	2.0684	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.3846	0.7521	0.7521	1.6296	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.0085	0.5641	0.5641	1.3789	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.6325	0.3761	0.3761	1.1282	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.2564	0.3761	0.3761	1.0028	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.6923	0.3761	0.3761	0.8148					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 75: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.7. Peso específico de la piedra fotoluminiscente

Las piedras fotoluminiscentes presentan un peso específico de 1.71 kg/m^3 con el cual se puede afirmar que es un material liviano (ver Tabla 64).

Tabla 64: *Peso específico de la piedra fotoluminiscente*

Descripción	Cantidad	Unidad
Peso de la muestra luminiscente	1.20	g
Volumen del frasco + agua	10.00	ml
Volumen del frasco + agua + polvo luminiscente	10.70	ml
Volumen de la muestra	0.70	ml
Peso específico de la muestra	1.71	g/cm³

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.8. Ensayo de medición de luz ultravioleta.

Se realizó el ensayo utilizando la siguiente metodología (ver Tabla 65), en la cual podemos observar que resultado de los ensayos se puede afirmar que las piedras fotoluminiscentes reciben radiación y no la transmiten.

Tabla 65: *Ensayo de radiación*

Lámpara	Radiación UV que emite la lámpara	Radiación UV que recibe las piedras fotoluminiscentes	Radiación UV que emiten las piedras fotoluminiscentes después de ser cargadas con la lámpara
Halógena de 1000 watts	0.5200 mW/cm ²	0.5200 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²
Halógena de 500 watts	0.4600 mW/cm ²	0.4600 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²
Bombilla incandescente de 100 watts	0.1500 mW/cm ²	0.1500 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²
Bombilla LED 1000 lux	0.0000 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.9. Ensayo de abrasión

Se realizó el ensayo con 500 gr de piedra fotoluminiscente y una esfera de acero (disminuyéndose las esferas por la cantidad de agregado a la que fue sometido el ensayo). En la Tabla 66 se puede observar que el porcentaje de degradación por pérdida es de 1.2%.

Tabla 66: *Ensayo de abrasión*

Muestra	Obtenida	Calculada
Peso inicial	500 (g)	5000 (g)
Peso final	494 (g)	4940 (g)
Degradación por porcentaje de pérdida	1.2 %	12 %

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.10. Ensayo de carga y descarga de las piedras fotoluminiscentes

Carga con lámpara de 1000 watts (ver Tabla 67), donde se puede observar que los 9 ensayos realizados pasaron las 8 horas de emisión de luz.

Tabla 67: *Ensayo de carga y descarga*

	Carga	Descarga
	Ensayo 1	> 8 horas
5 min.	Ensayo 2	> 8 horas
	Ensayo 3	> 8 horas
	Ensayo 1	> 8 horas
10 min.	Ensayo 2	> 8 horas
	Ensayo 3	> 8 horas
	Ensayo 1	> 8 horas
15 min.	Ensayo 2	> 8 horas
	Ensayo 3	> 8 horas

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.11. Granulometría de las piedras fotoluminiscentes

Se realizó el ensayo de granulometría a las piedras fotoluminiscentes dando como resultado que el material se retiene en las mallas N°4 y N°8 como se puede observar en la Tabla 68

Tabla 68: *Granulometría de las piedras fotoluminiscentes*

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	458.00	91.60	91.60	8.40
N°8	2.36	42.00	8.40	100.00	0.00
N°12	1.70	0.00	0.00	100.00	0.00
Fondo	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

4.12. Ensayo de señalización fotoluminiscente según la norma española (UNE)23035

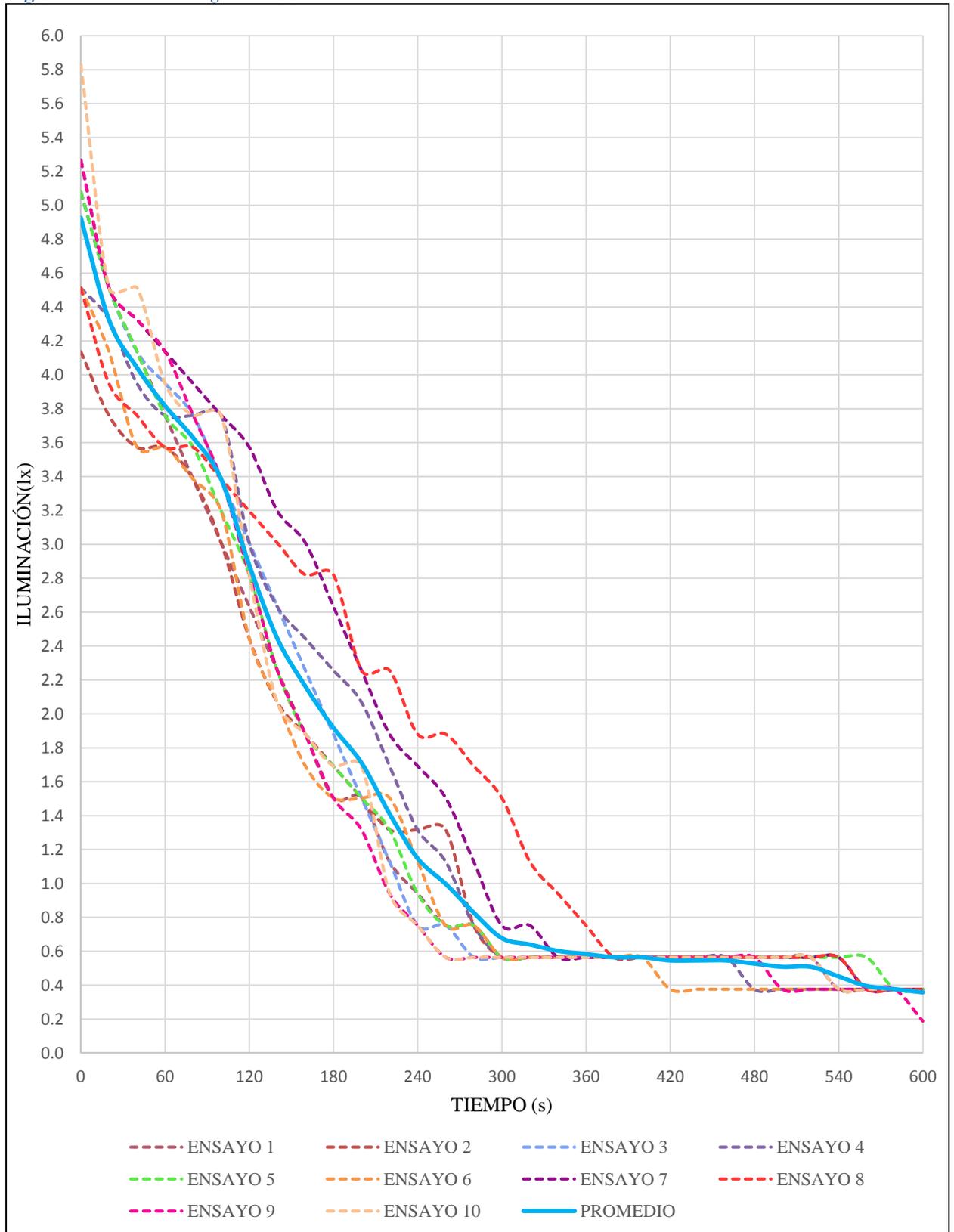
El ensayo de señalización fotoluminiscente se realizó siguiendo las recomendaciones establecidos por la norma y se obtuvieron los resultados (ver Tabla 69)

Tabla 69: *Resultados según UNE 23035*

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7	Ensayo 8	Ensayo 9	Ensayo 10	Prom.
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	5.0769	4.1368	5.0769	4.5128	5.0769	4.5128	5.2650	4.5128	5.2650	5.8291	4.9265
20	4.5128	3.7607	4.5128	4.3248	4.5128	4.1368	4.5128	3.9487	4.5128	4.5128	4.3248
40	4.1368	3.5726	4.1368	3.9487	4.1368	3.5726	4.3248	3.7607	4.3248	4.5128	4.0427
60	3.7607	3.5726	3.9487	3.7607	3.7607	3.5726	4.1368	3.5726	4.1368	3.9487	3.8171
80	3.3846	3.3846	3.7607	3.7607	3.5726	3.3846	3.9487	3.5726	3.7607	3.7607	3.6291
100	3.0085	3.0085	3.3846	3.7607	3.1966	3.1966	3.7607	3.3846	3.3846	3.7607	3.3846
120	2.6325	2.4444	3.0085	3.0085	2.8205	2.4444	3.5726	3.1966	2.8205	2.8205	2.8769
140	2.2564	2.0684	2.6325	2.6325	2.2564	2.0684	3.1966	3.0085	2.2564	2.0684	2.4444
160	1.8803	1.8803	2.2564	2.4444	1.8803	1.6923	3.0085	2.8205	1.8803	1.8803	2.1624
180	1.5043	1.6923	1.8803	2.2564	1.6923	1.5043	2.6325	2.8205	1.5043	1.6923	1.9179
200	1.5043	1.5043	1.5043	2.0684	1.5043	1.5043	2.2564	2.2564	1.3162	1.6923	1.7111
220	1.1282	1.3162	1.1282	1.6923	1.3162	1.5043	1.8803	2.2564	0.9402	0.9402	1.4103
240	0.9402	1.3162	0.7521	1.3162	0.9402	1.1282	1.6923	1.8803	0.7521	0.7521	1.1470
260	0.7521	1.3162	0.7521	1.1282	0.7521	0.7521	1.5043	1.8803	0.5641	0.5641	0.9966
280	0.7521	0.7521	0.5641	0.7521	0.7521	0.7521	1.1282	1.6923	0.5641	0.5641	0.8274
300	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.7521	1.5043	0.5641	0.5641	0.6769
320	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.7521	1.1282	0.5641	0.5641	0.6393
340	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.9402	0.5641	0.5641	0.6017
360	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.7521	0.5641	0.5641	0.5829
380	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
400	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
420	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5453
440	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5453
460	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5453
480	0.5641	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.3761	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	0.5265
500	0.5641	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.3761	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.5077
520	0.5641	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.3761	0.5641	0.5641	0.3761	0.5641	0.5077
540	0.3761	0.5641	0.3761	0.3761	0.5641	0.3761	0.5641	0.5641	0.3761	0.3761	0.4513
560	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.5641	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3949
580	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
600	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	0.1880	0.3761	0.3573

Figura 76: Resultados según UNE 23035



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.13. Iluminación del concreto con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes

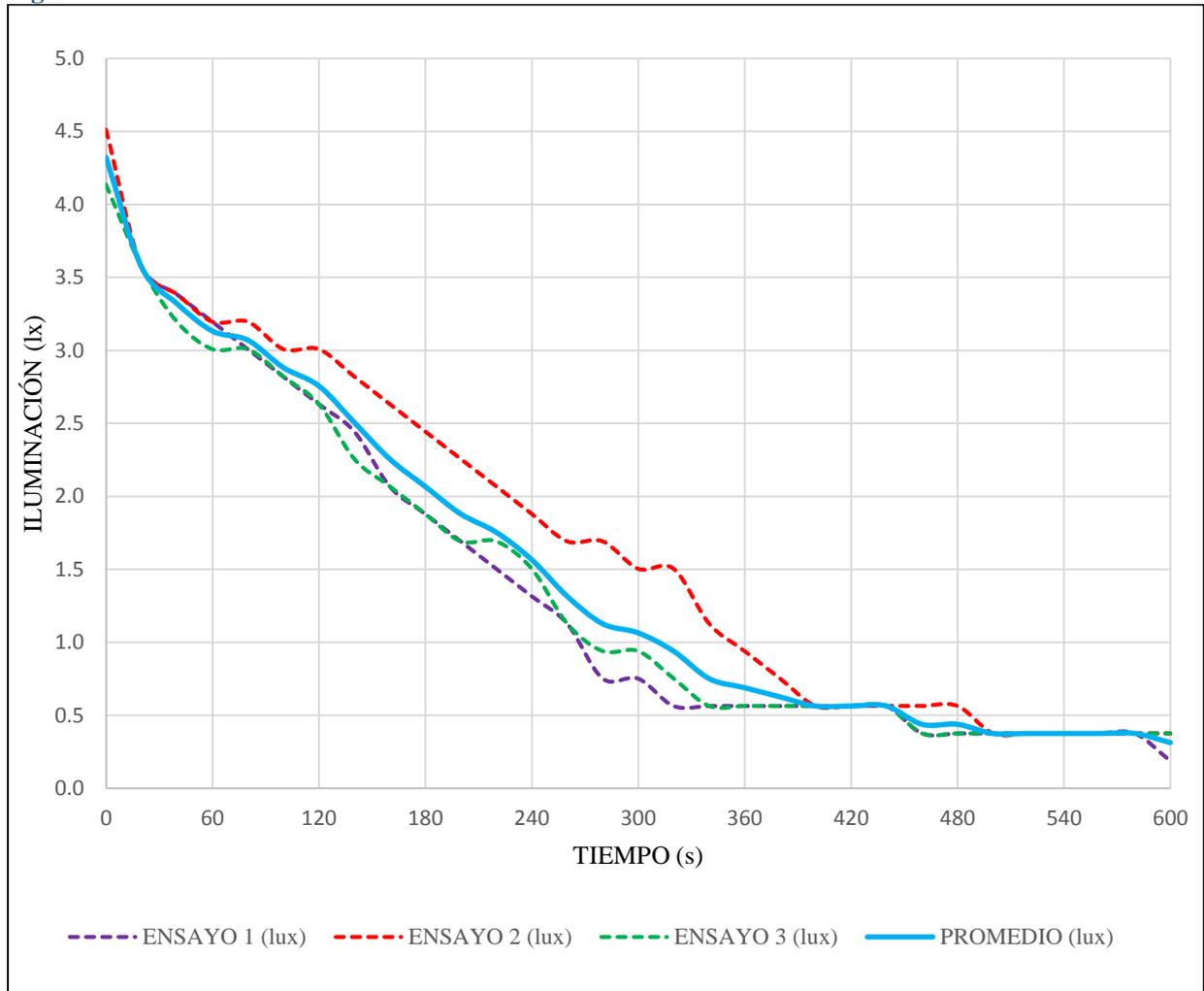
El ensayo de iluminación del concreto se realizó a 40 cm de altura del sensor (ver Tabla 70) (ver Figura 77) de acuerdo a lo indicado en la norma española (UNE) 23035; además se empleó una bombilla LED la cual produce 1000 lux.

Tabla 70: *Lectura de iluminación a 40 cm*

Tiempo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	4.3248	4.5128	4.1368	4.3248
20	3.5726	3.5726	3.5726	3.5726
40	3.3846	3.3846	3.1966	3.3219
60	3.1966	3.1966	3.0085	3.1339
80	3.0085	3.1966	3.0085	3.0712
100	2.8205	3.0085	2.8205	2.8832
120	2.6325	3.0085	2.6325	2.7578
140	2.4444	2.8205	2.2564	2.5071
160	2.0684	2.6325	2.0684	2.2564
180	1.8803	2.4444	1.8803	2.0684
200	1.6923	2.2564	1.6923	1.8803
220	1.5043	2.0684	1.6923	1.7550
240	1.3162	1.8803	1.5043	1.5670
260	1.1282	1.6923	1.1282	1.3162
280	0.7521	1.6923	0.9402	1.1282
300	0.7521	1.5043	0.9402	1.0655
320	0.5641	1.5043	0.7521	0.9402
340	0.5641	1.1282	0.5641	0.7521
360	0.5641	0.9402	0.5641	0.6895
380	0.5641	0.7521	0.5641	0.6268
400	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
420	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
440	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
460	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
480	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
500	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
520	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
540	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
560	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
580	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
600	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 77: Iluminación a 40 cm de altura



Fuente: Elaboración propia, 2018

4.14. Resistencia a la compresión

Para la resistencia a la compresión se realizaron doce ensayos los cuales fueron analizados por su resultado obtenido dependiente de la dosificación empleada, donde se puede afirmar que utilizando 0.152 kg/m^2 de piedra fotoluminiscentes se obtuvo una resistencia de 329.23 kgf/cm^2 , utilizando 0.765 kg/m^2 de piedras fotoluminiscentes se obtuvo una resistencia de 331.85 kgf/cm^2 y utilizando 0.905 kg/m^2 de piedras fotoluminiscentes se obtuvo una resistencia de 333.43 kgf/cm^2 (ver Tabla 72, 73 y 74).

Tabla 71: Resistencia a la compresión del testigo patrón

Descripción	Testigo patrón		
	PPC-1	PPC-2	PPC-3
Carga (kgf)	22369	20632	21532
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.40	20.20	20.20
Resistencia (kgf/cm ²)	338.18	327.77	324.97
Tipo de falla	TIPO 5	TIPO 5	TIPO 5
Promedio (kgf/cm²)	330.31		

*PPC: Probeta patrón a compresión.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 72: Resistencia a la compresión del testigo con dosificación 0.152 kg/m²

Descripción	Testigo con piedras fotoluminiscentes		
	0.152	0.152	0.152
Dosificación (kg/m ²)	0.152	0.152	0.152
Carga (kgf)	29427	30189	29197
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.40	20.10
Resistencia (kgf/cm ²)	327.26	335.73	324.70
Tipo de falla	TIPO 5	TIPO 5	TIPO 5
Promedio (kgf/cm²)	329.23		

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 73: Resistencia a la compresión del testigo con dosificación 0.765 kg/m²

Descripción	Testigo con piedras fotoluminiscentes		
	0.765	0.765	0.765
Carga (kgf)	21972	22428	22716
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.10	20.10
Resistencia (kgf/cm ²)	326.76	332.56	336.23
Tipo de falla	TIPO 5	TIPO 5	TIPO 5
Promedio (kgf/cm²)	331.85		

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 74: Resistencia a la compresión del testigo con dosificación 0.905 kg/m²

Descripción	Testigo con piedras fotoluminiscentes		
	0.905	0.905	0.905
Carga (kgf)	30408	29934	29603
Diámetro (cm)	10.70	10.70	10.70
Área (cm ²)	89.92	89.92	89.92
Alto (cm)	20.20	20.20	20.10
Resistencia (kgf/cm ²)	338.17	332.90	329.21
Tipo de falla	TIPO 5	TIPO 5	TIPO 5
Promedio (kgf/cm²)	333.43		

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Análisis de datos descriptivos (ver Tabla 75) para la comparativa de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 75: Análisis descriptivo- Resistencia a la compresión

	Media	95% de intervalo de confianza		Varianza	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
		de confianza					
		Límite inferior	Límite superior				
Probeta patrón	330.31	313.02	347.6	48.45	6.96	324.97	338.18
Probetas con incrustaciones de 0.152 kg/m ²	329.23	314.89	343.57	33.33	5.77	324.70	335.73
Probetas con incrustaciones de 0.765 kg/m ²	331.85	319.99	343.71	22.80	4.77	326.76	336.23
Probetas con incrustaciones de 0.905 kg/m ²	333.43	322.24	344.61	20.28	4.50	329.21	338.17

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Análisis de normalidad aplicando el test de Shapiro-Wilk se obtuvo una significancia mayor a 0.05 (ver Tabla 76) para la comparativa de resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 76: Análisis de normalidad

Test de bondad Shapiro-Wilk (S-W)		
	Significancia	Observación
Probeta patrón	0.387	Si presenta normalidad
Probetas con incrustaciones de 0.152 kg/m ²	0.427	Si presenta normalidad
Probetas con incrustaciones de 0.765 kg/m ²	0.753	Si presenta normalidad
Probetas con incrustaciones de 0.905 kg/m ²	0.806	Si presenta normalidad

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Prueba de homocedasticidad u homogeneidad de varianza aplicando el test de Levene para la comparativa de resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 77: Homocedasticidad

F	Significancia	Observación
0.474	0.709	Si presenta homogeneidad

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Prueba de hipótesis aplicando ANOVA para variables independientes en la comparativa de resultados obtenidos de resistencia a la compresión.

Hipótesis nula

Ho = Los promedios del esfuerzo de ruptura obtenidos por la incrustación de piedras fotoluminiscentes son iguales ($\alpha \geq 0.05$).

Hipótesis alterna

Ha = los promedios del esfuerzo de ruptura obtenidos por la incrustación de piedras fotoluminiscentes son diferentes ($\alpha < 0.05$). (ver Tabla 78)

Tabla 78: Prueba de hipótesis - ANOVA

Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	Significancia
30.178	10.059	0.322	0.809

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se acepta la hipótesis nula demostrando que los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión con presencia de las piedras fotoluminiscentes tienen similitud con el esfuerzo de ruptura obtenido en las probetas patrón.

4.15. Resistencia a la flexión

Para la resistencia a la flexión se realizaron testigos en forma de paralelepípedo rectangular (ver Tabla 79), se realizaron 3 ensayos donde se obtuvo una resistencia de 45.78 kgf/cm² en los testigos patrón y 45.85 kgf/cm² en los testigos con piedras incrustadas (ver Tabla 80 y 81).

Tabla 79: Dimensiones del testigo

Dimensiones del testigo		
Ancho (cm)	Largo (cm)	Peralte (cm)
6	23	6

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 80: Resistencia a la flexión del testigo patrón

Descripción	Testigo patrón		
	PPF-1	PPF-2	PPF-3
Carga (kgf)	348.54	368.97	381.17
Resistencia (kgf/cm ²)	43.57	46.12	47.65
Promedio (kgf/cm ²)	45.78		

*PPF: Probeta patrón a flexión.

Fuente: Elaboración propia, 2018

Tabla 81: Resistencia a la flexión del testigo con piedras fotoluminiscentes

Descripción	Testigo con piedras fotoluminiscentes		
	PPFF-1	PPFF-2	PPFF-3
Carga (kgf)	338.67	374.56	387.08
Resistencia (kgf/cm ²)	44.33	45.82	47.39
Promedio (kgf/cm ²)	45.85		

*PPFF: Probetas con piedras fotoluminiscentes a compresión.

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Análisis de datos descriptivos (ver Tabla 82) para la comparativa de los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión.

Tabla 82: *Análisis descriptivo - Resistencia a la flexión*

	Media	95% de intervalo de confianza		Varianza	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior				
		Probeta patrón	45.78					40.66	50.9	4.25	2.06	43.57	47.65
Probeta con piedras fotoluminiscentes	45.85	42.05	49.65	2.34	1.53	44.33	47.39

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Análisis de normalidad aplicando el test de Shapiro-Wilk (ver Tabla 83) para la comparativa de resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión.

Tabla 83: *Análisis de normalidad*

	Test de bondad Shapiro-Wilk (S-W)	
	Significancia	Observación
Probeta patrón	0.726	Si presenta normalidad
Probeta con piedras fotoluminiscentes	0.971	Si presenta normalidad

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Prueba de homocedasticidad u homogeneidad de varianza (ver Tabla 84) aplicando el test de Levene para la comparativa de resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión.

Tabla 84: *Homocedasticidad*

F	Significancia	Observación
0.859	0.591	Si presenta homogeneidad

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Prueba de hipótesis aplicando T student para variables independientes en la comparativa de resultados obtenidos de resistencia a la flexión (ver Tabla 85).

Hipótesis nula

H_0 = Los promedios del módulo de ruptura obtenidos por la incrustación de piedras fotoluminiscentes son iguales ($\alpha \geq 0.05$).

Hipótesis alterna

H_a = los promedios del módulo de ruptura obtenidos por la incrustación de piedras fotoluminiscentes son diferentes ($\alpha < 0.05$).

Tabla 85: Prueba de hipótesis - *T student*

Significancia bilateral	Error estándar	95% de intervalo de confianza	
		Inferior	superior
0.97	1.48	-4.18	4.05

Fuente: Elaboración propia, 2018

Se acepta la hipótesis nula demostrando que los datos obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión con presencia de las piedras fotoluminiscentes tienen similitud con el módulo de ruptura obtenido en las probetas patrón.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de agregados

- El agregado fino fue modificado debido a que este no cumple con los parámetros establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.037 presentando un alto contenido de finos (arena fina, limos y arcillas) pues el alto contenido de este repercutiría en la resistencia a la compresión absorbiendo una mayor cantidad de agua durante el mezclado; de este modo el ser modificado por tamizado produce un módulo de finura promedio igual a 2.9 ± 0.1 . Además, el agregado grueso presenta un módulo de finura promedio de 8.7 ± 0.06 , es un material angular el cual cumple con los requerimientos de la NTP 400.012; también se obtuvo que presenta un tamaño máximo (TM) de 1” y un tamaño máximo nominal (3/4”). El Dr. A. Steopoe (1968) en su artículo “Influencia del árido sobre la resistencia de los hormigones” concluyo que, la arena y la fracción fina tiene una mayor influencia sobre las propiedades técnicas del hormigón más que el cemento y la grava. Esto se debe a que la superficie de gránulos es mucho mayor a la de la grava por lo que el aumento de este árido provoca una reducción en la resistencia mecánica de los hormigones.
- En el ensayo de peso unitario seco suelto (PUSS) el agregado grueso presenta un acomodo de $1413 \pm 2 \text{ kg/m}^3$ y un peso unitario seco compactado (PUCS) igual a $1552 \pm 7 \text{ kg/m}^3$. Además, el agregado fino presenta un peso unitario seco suelto (PUSS) igual a $1477 \pm 3 \text{ kg/m}^3$ y un peso unitario seco compactado (PUCS) igual a $1626 \pm 8 \text{ kg/m}^3$ siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 400.017; también indica que la desviación estándar fijada en laboratorio del simple operador es de 14 kg/m^3 . De este modo se corrobora que el agregado fino presenta un mejor acomodo a comparación del agregado grueso. Chan, Solís y Moreno en su artículo “Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto” concluyen que para obtener un concreto optimo se debe buscar estructura de agregados con la forma y tamaños

adecuados, para que estos se acomoden lo más densamente posible (logrando la más alta compacidad). De este modo se combina la pasta de cemento necesaria para llenar los huecos entre las partículas pétreas.

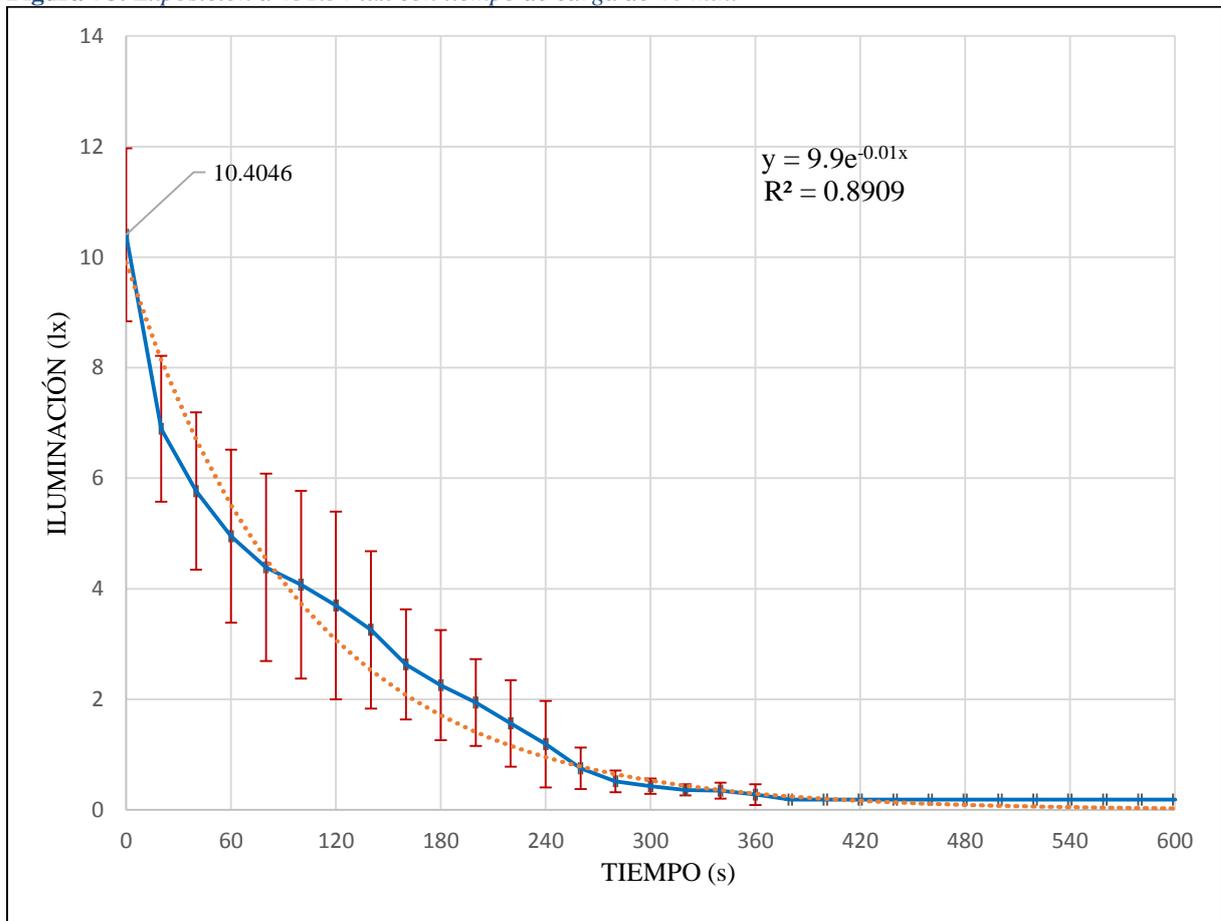
- El peso específico de agregado grueso es de $2680 \pm 6 \text{ kg/m}^3$ mientras que del agregado fino es de $2680 \pm 17 \text{ kg/m}^3$. Siendo relativamente iguales, estos datos influenciarán en el peso específico del concreto el cual según el RNE para concreto de peso normal se aproxima a 2300 kg/m^3
- El contenido de humedad del agregado fino es de 0.50 % siendo menor a su absorción la cual es de 0.67 %. Del mismo modo el contenido de humedad del agregado grueso es $0.47 \pm 0.1\%$ menor a su absorción que es de $1.05 \pm 0.1\%$. Cabe recalcar que el aumento de absorción o capacidad de acumular agua del agregado grueso se debe a la cantidad de poros que este posee.

5.2. Iluminación respecto a la fuente de carga

5.2.1. Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 minutos

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor máximo de 10.4046 ± 1.5657 lux (ver Tabla 58); analizando la Figura 78 se puede observar que la curva de tendencia exponencial se encuentra dentro de los límites establecidos por las barras de error.

Figura 78: Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.

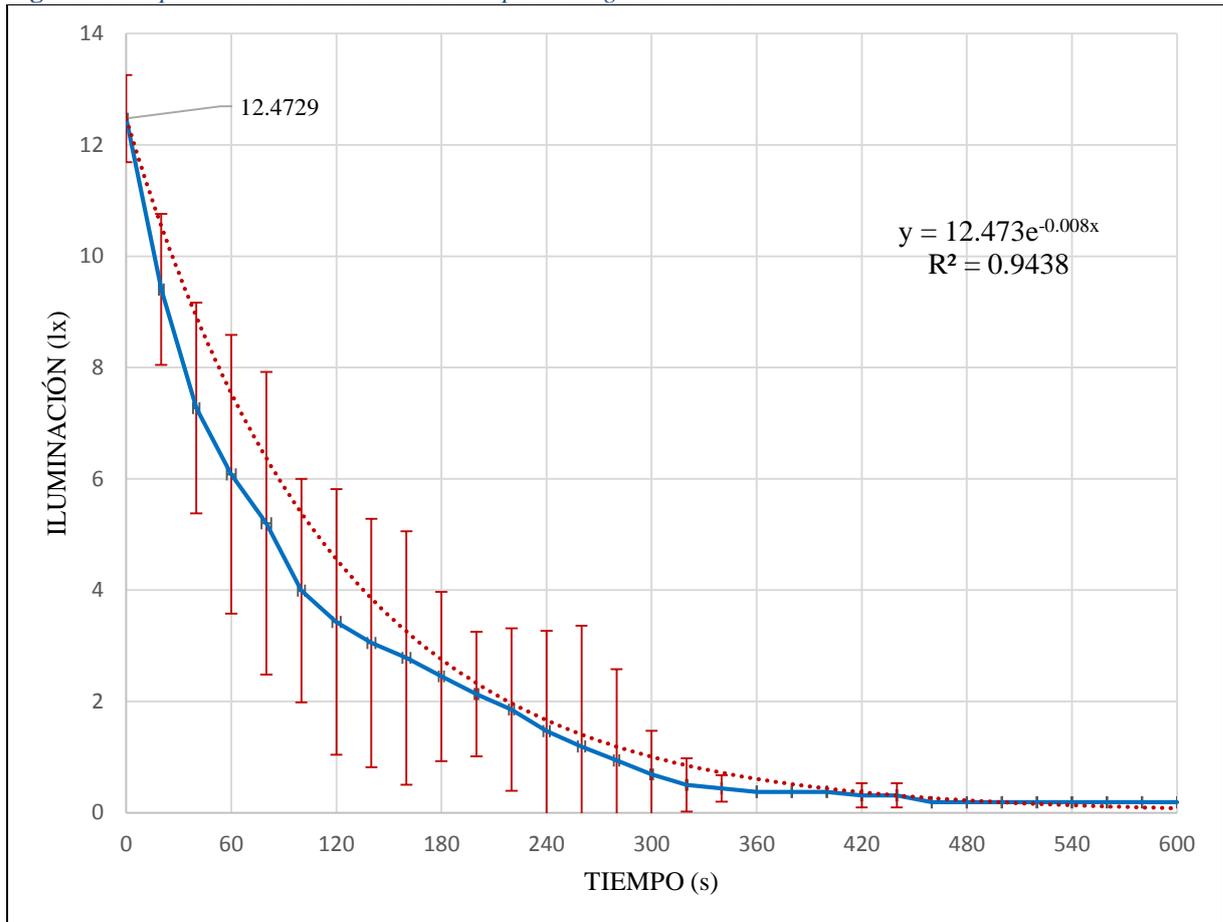


Fuente: Elaboración propia, 2018

5.2.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor máximo de 12.4729 ± 0.7828 lux (ver Tabla 59); en la Figura 79 se puede observar que la curva de tendencia exponencial se encuentra dentro de los límites establecidos por las barras de error.

Figura 79: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.

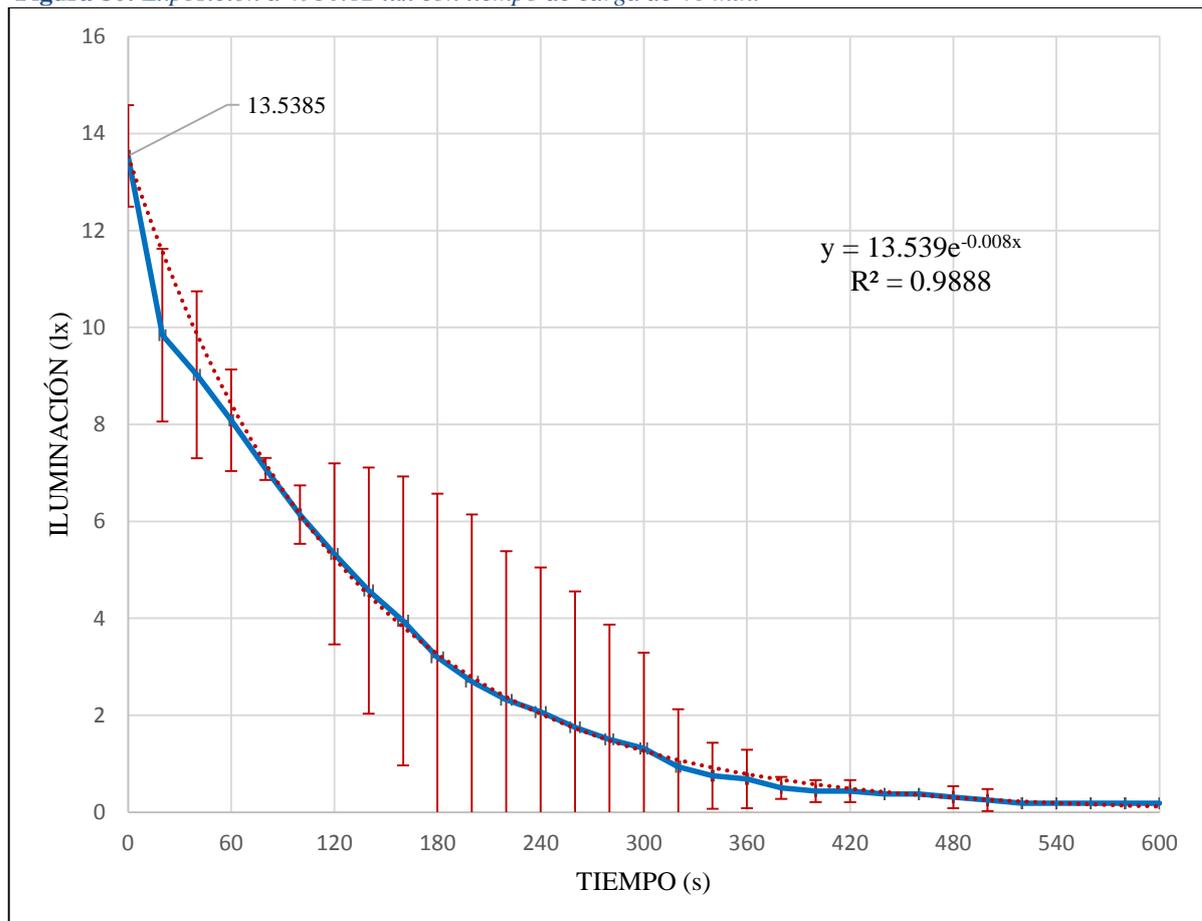


Fuente: Elaboración propia, 2018

5.2.3. Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 minutos

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor máximo de 13.5385 ± 1.0448 lux (ver Tabla 60); analizando la Figura 80 se puede observar que la curva de tendencia exponencial se encuentra dentro de los límites establecidos por las barras de error.

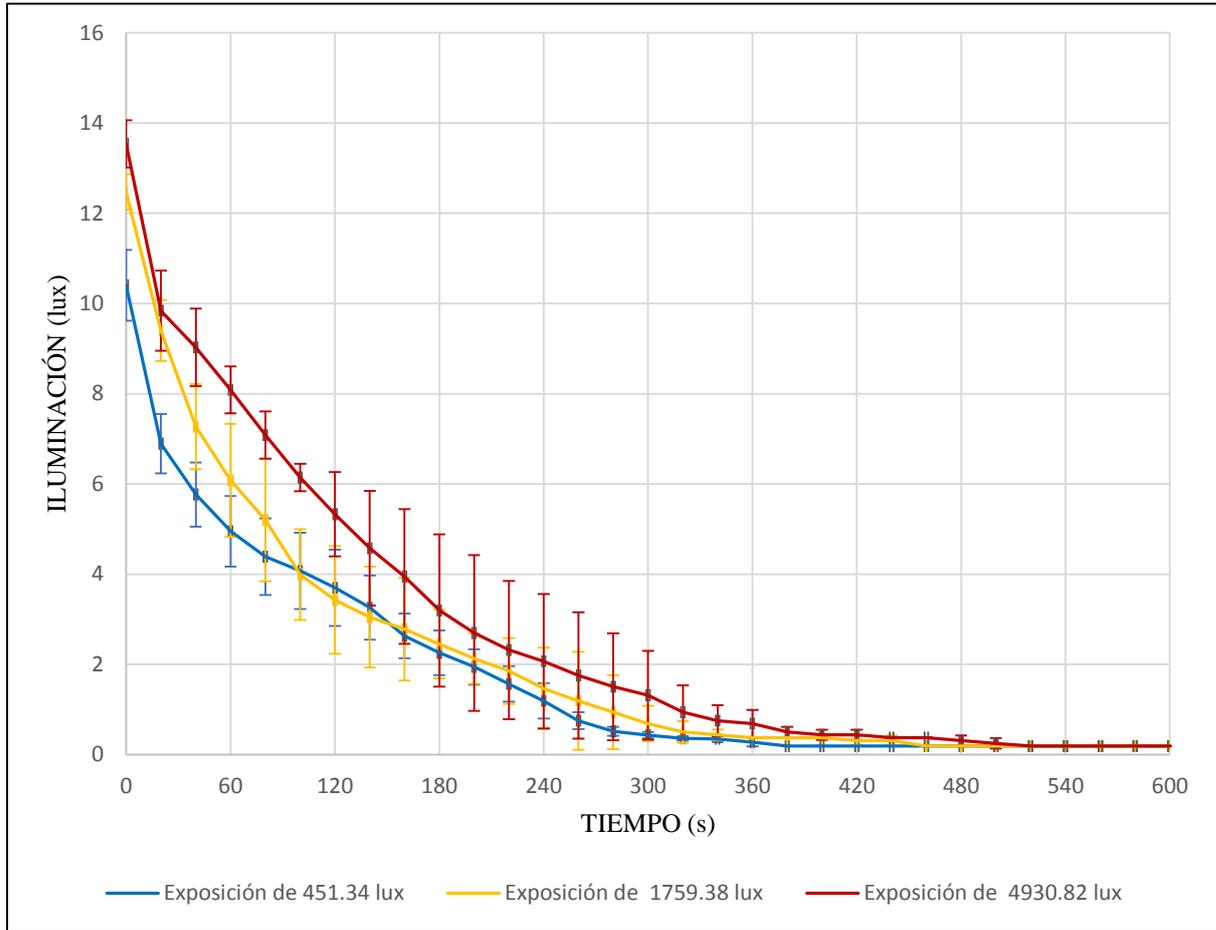
Figura 80: Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Tal y como se observa en la figura 81 el 100 % de los resultados se cruzan con alguna de las curvas promedio en sus barras de error obtenidas ; pero con respecto a la iluminación a una exposición de 451.34 lux y la iluminación obtenida a una exposición de 4930.82 lux las barras de error no se cruzan en un 35 % de los resultados obtenidos esto indica que existe influencia del tipo de exposición en la iluminación de las piedras fotoluminiscentes, provocando aumento de luz emitida por las piedras siempre que la exposición tenga un incremento en su iluminación.

Figura 81: Comparación a distintas exposiciones



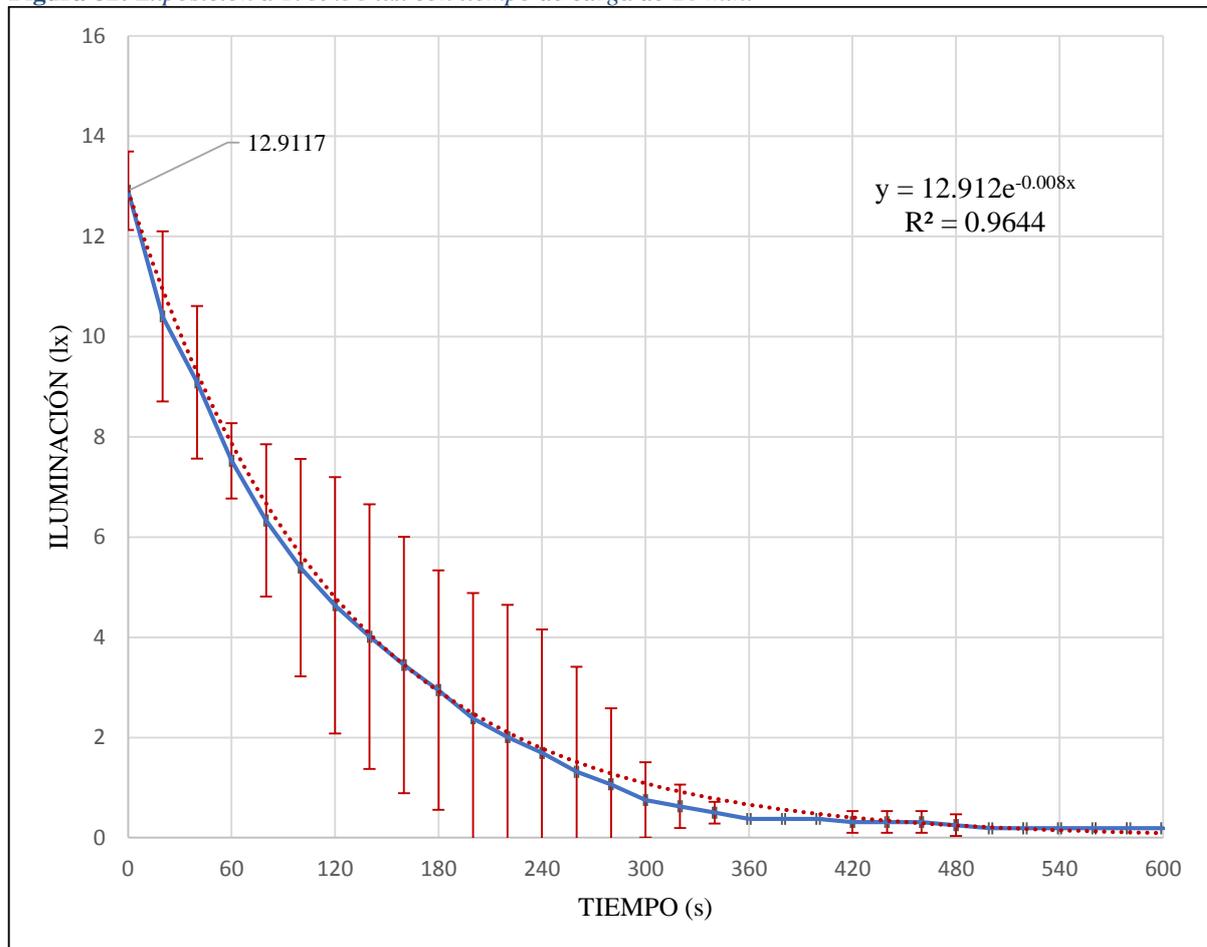
Fuente: Elaboración propia, 2018

5.3. Iluminación respecto a los distintos tiempos de carga

5.3.1. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 minutos

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor promedio máximo de 12.9117 ± 0.3914 lux (ver Tabla 61); analizando la Figura 82 se puede observar que la curva de tendencia exponencial se encuentra dentro de los límites establecidos por las barras de error.

Figura 82: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.

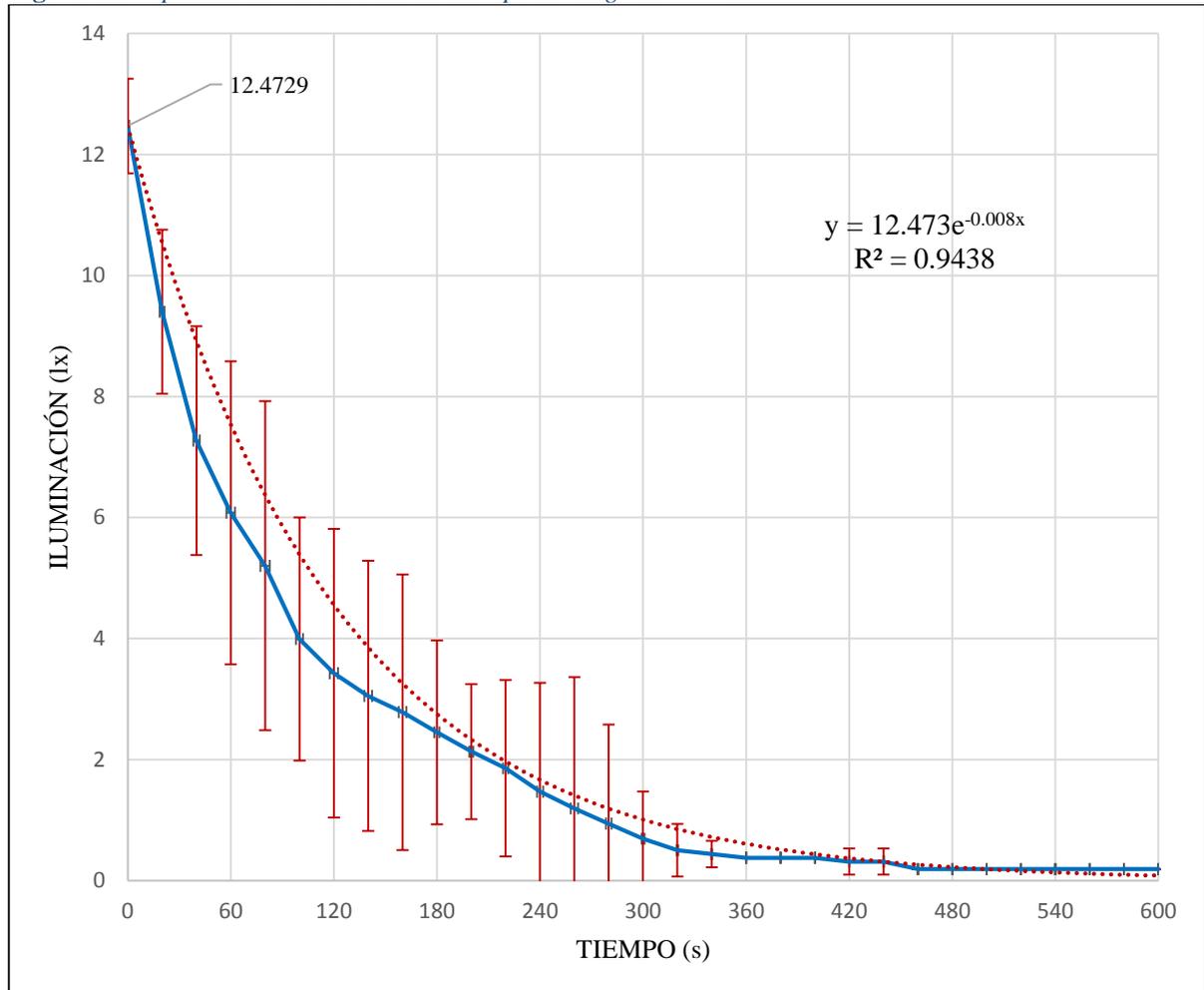


Fuente: Elaboración propia, 2018

5.3.2. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor promedio máximo de 12.4729 ± 0.3914 lux (ver Tabla 62); analizando la Figura 83 se puede observar que la curva de tendencia exponencial se encuentra dentro de los límites establecidos por las barras de error.

Figura 83: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.

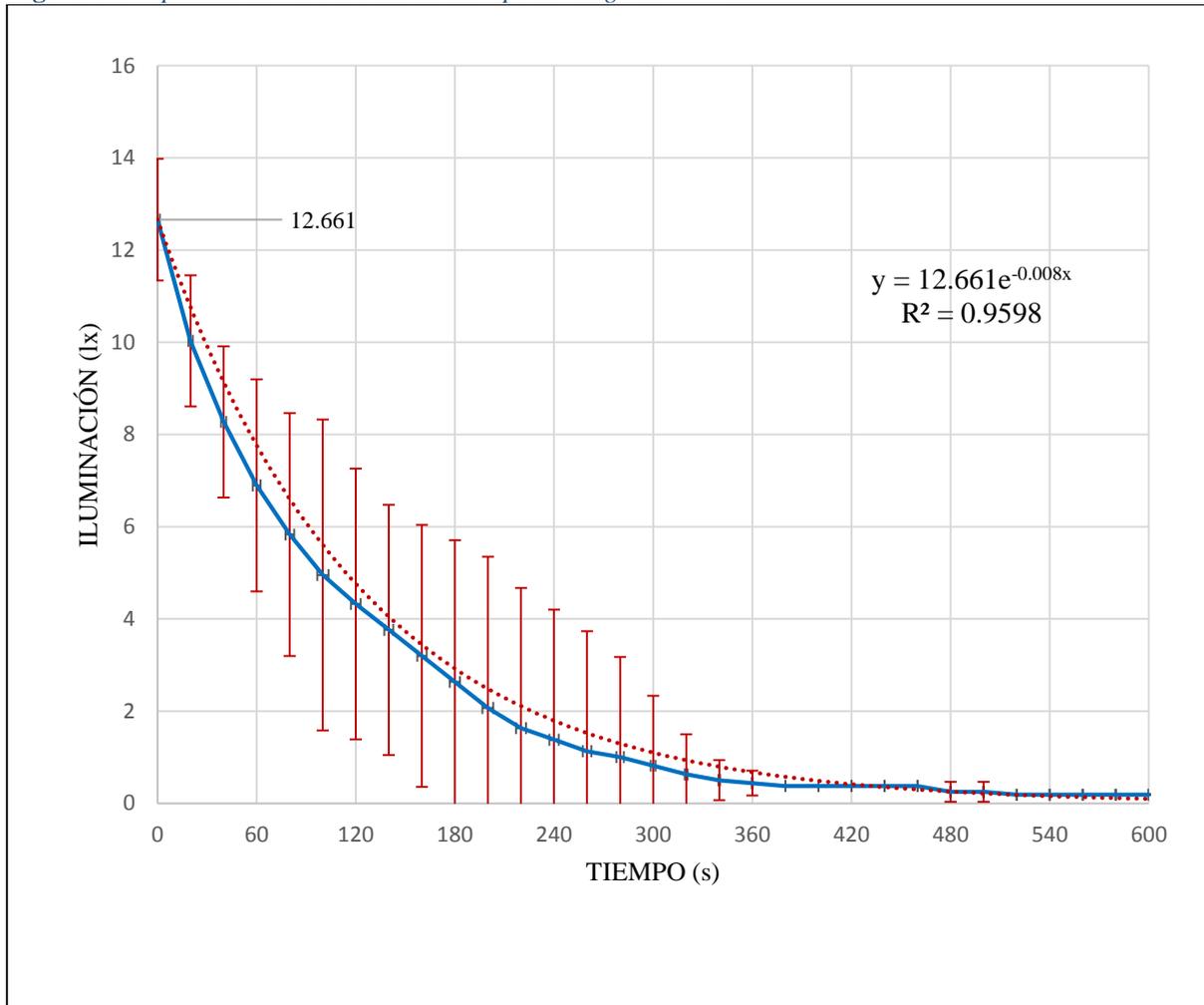


Fuente: Elaboración propia, 2018

5.3.3. Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 minutos

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor promedio máximo de 9.778 ± 0.3257 lux (ver Tabla 63); analizando la Figura 84 se puede observar que la curva de tendencia exponencial se encuentra dentro de los límites establecidos por las barras de error.

Figura 84: Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.



Fuente: Elaboración propia, 2018

5.4. Peso específico de la piedra fotoluminiscente

Según los datos obtenidos anteriormente se puede afirmar que la piedra fotoluminiscente posee un peso específico igual a 1.71 g/cm^3 , por lo que se considera un material más liviano que los agregados utilizados para conformar el concreto; además se anula la posibilidad de hundimiento al ser colocados en la superficie del concreto fresco. Sin embargo, según la ficha técnica del material se puede observar que las piedras fotoluminiscentes poseen un peso específico de 1.6 g/cm^3 (SOLUCIONES LUMINISCENTES S.L., 2018). La aceleración estándar de la gravedad en promedio es igual a 9.8 m/s^2 pero en la realidad varía entre 9.78 m/s^2 y 9.83 m/s^2 depende a la ubicación en el planeta (BBC, 2010). Razón por la cual la variación del resultado obtenido en laboratorio es distinta al peso específico de la ficha técnica de la piedra obtenido en el continente europeo.

5.5. Ensayo de medición de luz ultravioleta,

Las lámparas halógenas una de sus principales características es la producción de energía UV, en el ensayo realizado se opta por determinar si las piedras fotoluminiscentes producen esta energía reflejando la del emisor. Por lo que se empleó un proyector halógeno de 1000 watts de potencia el cual produce una cantidad de 0.56 mW/cm^2 , la piedra se cargó por un periodo de 20 minutos expuesto a esta energía luego de transcurrido el tiempo los datos obtenidos del sensor UV muestra que la piedra fotoluminiscente emite 0.00 mW/cm^2 por lo cual se asume que su energía no es tan potente para afectar la salud en horarios nocturnos. Savall, Doménech y Martínez (2013) en su investigación “¿Cómo se emite y se absorbe radiación?” mencionan que de acuerdo con la cuantización introducida por los átomos y otros sistemas, podemos considerar que los electrones se encuentran en un estado estacionario con una energía negativa, la llegada de la radiación producirá transiciones a un estado superior siempre que tenga la

frecuencia adecuada; y si la frecuencia es suficientemente elevada los electrones pueden llegar a arrancar caso contrario los electrones mantendrán su posición inicial.

5.6. Ensayo de abrasión

Se realizó el ensayo de abrasión con la máquina de los Ángeles durante un tiempo de 17 minutos, por la poca cantidad de material se utilizó una esfera y 500 g de muestra dando como resultado 1.2 % de pérdida de material luego de los 17 minutos. Cuyo supuesto ideal si se utilizara 5000 g el porcentaje de desgaste seria de 12% valor que se encuentra por debajo de 50% valor establecido por la Norma Técnica Peruana 400.037. Aunque se recomienda emplear los 5000 g en un ensayo real para comprobar el desgaste obtenido.

5.7. Ensayo de carga y descarga de las piedras fotoluminiscentes

Durante los 5, 10 y 15 minutos (tiempo mínimo de carga) las piedras fotoluminiscentes demuestran que luego de 8 horas en un ambiente oscuro aún pueden ser percibidas por el ojo humano (ver Tabla 67), de esta manera se puede afirmar que en horas diurnas las piedras fotoluminiscentes se mantienen activas hasta su próximo periodo de carga en el caso de encontrarse expuestas al medio ambiente. Tal y como lo afirma Soluciones Luminiscentes (2018) donde nos indica que consiguen brillar más de 8 horas absorbiendo la luz por 10 minutos ver apartado 2.2.5.1 “Piedras fotoluminiscentes”. Y esta información también se puede corroborar con investigaciones de productos similares tales como de Polanía y Arroyave (2016) utilizando pigmento fotoluminiscente sobre cemento asfáltico determinaron que el tiempo mínimo de descarga es de 540 minutos (9 horas) con 550 minutos de carga. Además, Jiménez y Ruiz (2016) realizaron pruebas con el pigmento fotoluminiscente en briquetas de asfalto elaborados a distintas cantidades cuyo tiempo de descarga es igual a 525 minutos (8 horas y 45 minutos) con 15 minutos de carga.

En 1939 la familia de compuestos basados en ZnS (sulfuro de cinc) fue ampliamente estudiada, particularmente el sulfuro de cinc dopado con impurezas de cobre, de fórmula ZnS:Cu⁺. Este material emitía fosforescencia en verde (500 nm), y su tiempo de persistencia es de 40 minutos. Después los científicos optimizaron este resultado hasta obtener 80 minutos de tiempo de persistencia, introduciendo como impurezas secundarias iones de cobalto Co²⁺. La siguiente generación de fósforos persistentes, ubicada en los años setentas, se basó en la familia de sulfuros de metales alcalinos térreos: CaS y SrS (sulfuro de calcio y sulfuro de estroncio). Éstos, llamados compuestos de Lenard, fueron dopados con impurezas de bismuto, europio y cerio (Bi³⁺, Eu²⁺ y Ce³⁺) y lograban un tiempo de persistencia de horas al ser expuestos a la luz solar (Rodríguez, 2014).

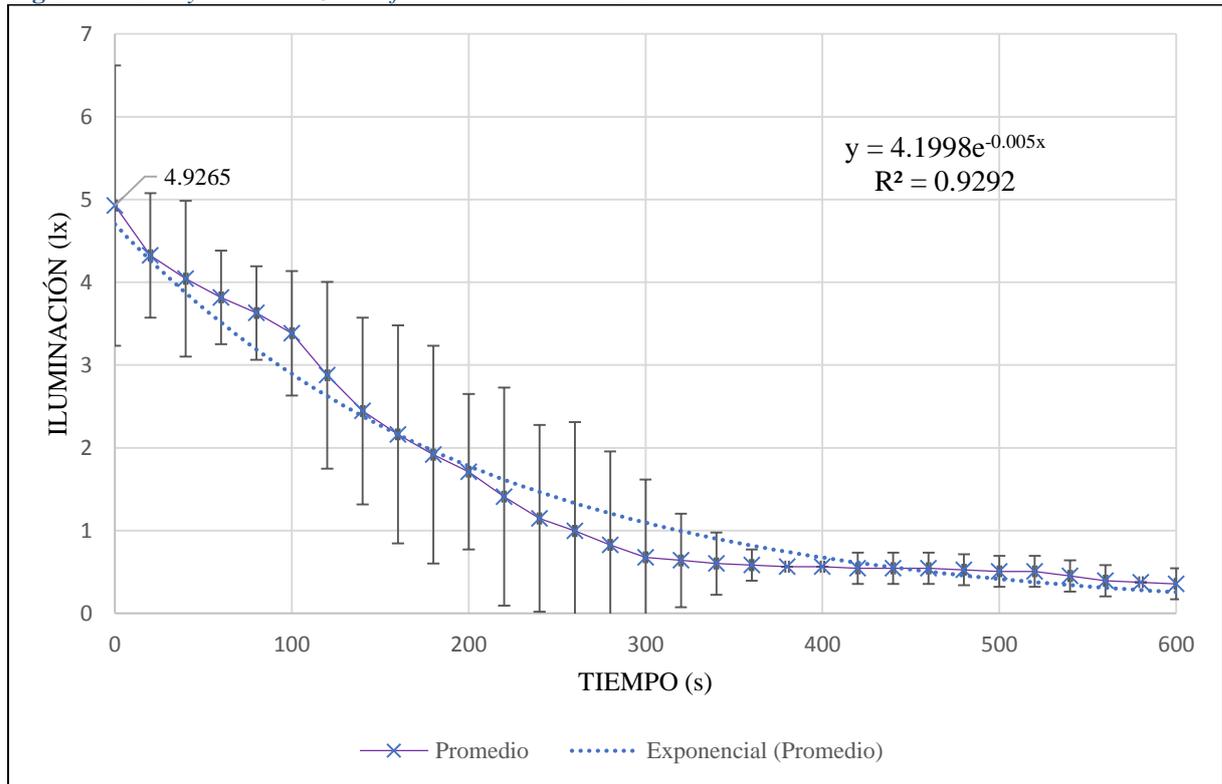
5.8. Granulometría de las piedras fotoluminiscentes

El agregado fotoluminiscente solo retiene peso en la malla de N°4 y N°8, dando a conocer que su tamaño no es menor a 2.36 mm; este tamaño de agregado permitió colocar la cantidad suficiente para la superficie de concreto de las vigas de 6 cm x 23 cm y de los testigos cilíndricos de 10 cm de diámetro que por su reducido tamaño logró facilitar la colocación del material fotoluminiscente.

5.9. Ensayo de señalización fotoluminiscente según la norma española UNE 23035

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor promedio máximo de 4.9265 ± 0.4999 lux (ver Tabla 69); analizando la Figura 85 se puede observar que existe un error máximo de ± 1.6923 lux en todos los datos obtenidos. Con un coeficiente de determinación igual a 0.93 el cual se considera fiable por su cercanía a la unidad.

Figura 85: *Ensayo de señalización fotoluminiscente UNE 23035*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Además; según Flor, Carpio y Santamaria (2018) en su investigación a un compuesto cementante fotoluminiscente determinaron que la iluminación emitida en el tiempo igual a 0 minutos la iluminación es igual a 10 lux o un equivalente a luminosidad de 1600 mcd/m² a una distancia de 40 cm. Con respecto a la lectura realizada a las piedras fotoluminiscentes el valor máximo obtenido es de 4.93 lux o un equivalente de luminosidad de 788.8 mcd/m².

Los resultados obtenidos en ambas investigaciones presentan una diferencia amplia pero que se sustenta con lo explicado en la investigación de Flor, Carpio y Santamaria (2018) donde explican que el contenido de aluminato de estroncio (SrAl₂O₄) influye en la iluminación emitida por el compuesto cementante y su resistencia.

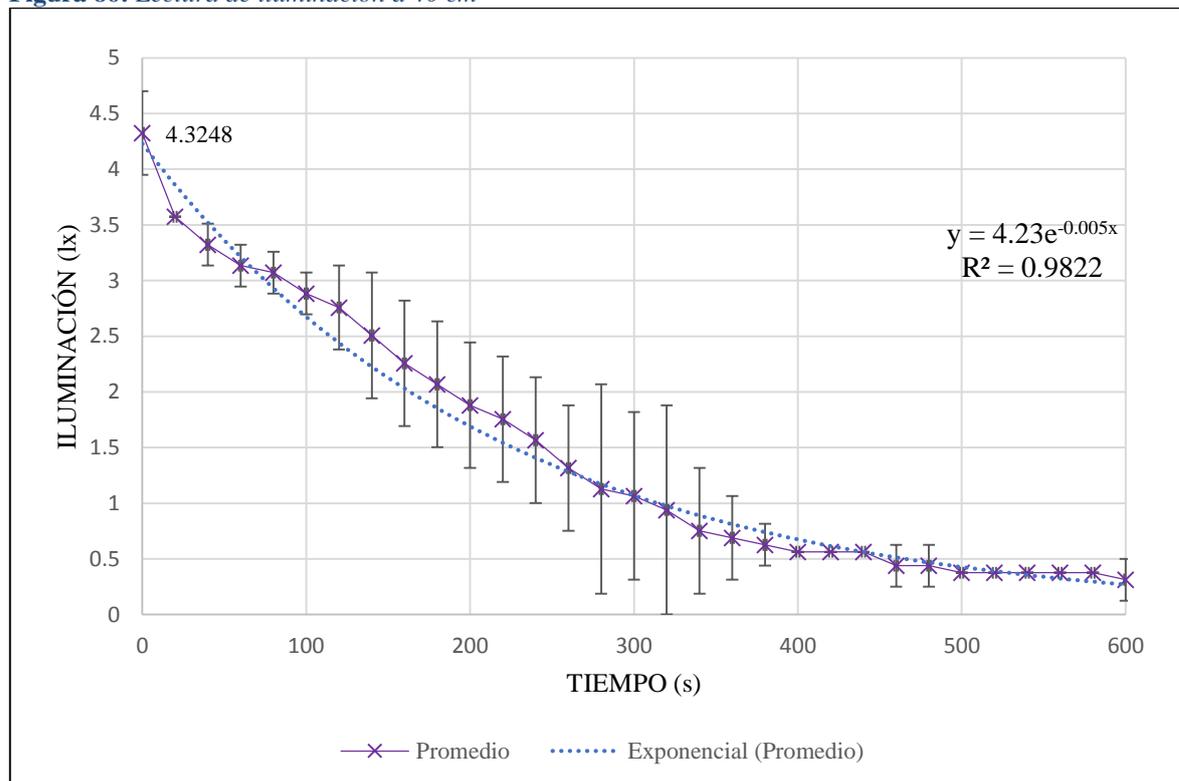
Finalmente, el resultado obtenido a los 10 minutos en el tiempo de descarga es de 0.3573 lux equivalente a 57.168 mcd/m² siendo este valor mayor al límite mínimo de 40 mcd/m² tal y

como lo estipula la Norma Española (UNE) 23035 por lo que las piedras fotoluminiscentes pueden ser empleadas como señalización.

5.10. Iluminación del concreto con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes con sensor a 40 cm

Con tres ensayos realizados se obtuvo un valor promedio máximo de 4.3248 ± 0.1880 lux (ver Tabla 70); analizando la Figura 86 se puede observar que existe un error máximo de ± 0.9402 lux en todos los datos obtenidos. Con un coeficiente de determinación igual a 0.98 el cual se considera fiable por su cercanía a la unidad.

Figura 86: Lectura de iluminación a 40 cm



Fuente: Elaboración propia, 2018

Respecto a la iluminación emitida por el concreto fotoluminiscente con una dosificación de 0.765 kg/m^2 el resultado obtenido a los 10 minutos en el tiempo de descarga es de 0.3134 lux equivalente a 50.144 mcd/m^2 , valor mayor a 40 mcd/m^2 que es lo estipulado por la Norma

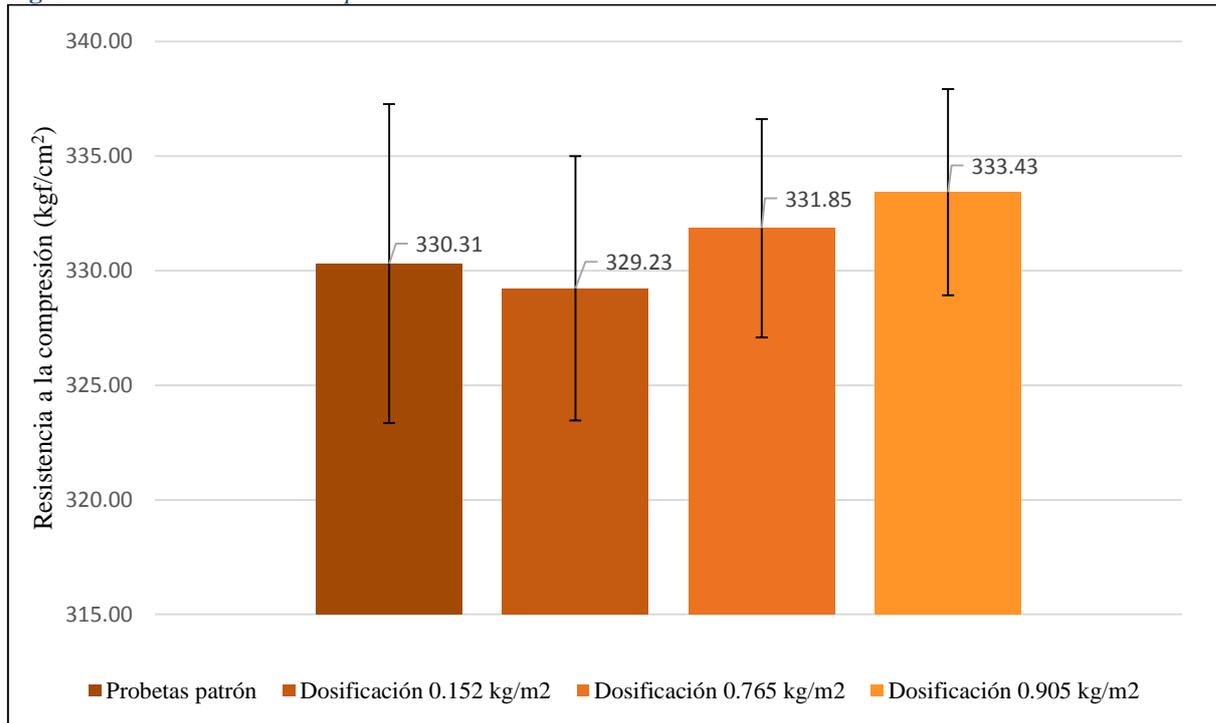
Española (UNE) 23035 por lo que el concreto fotoluminiscente puede ser usado como señalización.

Finalmente, en un supuesto ideal donde las piedras fotoluminiscentes sean distribuidas de forma homogénea en la superficie de concreto y con cálculos matemáticos la dosificación ideal para obtener 40 mcd/m² (límite establecido por la UNE 23035) es de 0.610 kg/m², con una diferencia de 155 gr de la dosificación analizada en el ensayo se debe tomar en cuenta que las piedras fotoluminiscentes presentan formas irregulares que pueden alterar la iluminación captada por el sensor de luz.

5.11. Resistencia a la compresión

Se elaboraron 12 especímenes de concreto, los cuales 3 testigos fueron tomados como probetas patrón, 3 fueron incrustados tomando en cuenta la dosificación de 0.152 kg/m² de piedras fotoluminiscentes, 3 con incrustaciones dependientes de la dosificación 0.765 kg/m² y las 3 últimas con incrustaciones fotoluminiscentes dependientes de la dosificación 0.905 kg/m². Los resultados muestran que la incrustación de piedras fotoluminiscentes en el concreto no influye en su resistencia, según se puede observar en la Figura 87 la resistencia de las probetas patrón es de 330.31±6.96 kgf/cm², la resistencia de las probetas con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes a una dosificación de 0.152 kg/m² es de 329.23±5.77 kgf/cm², la resistencia de las probetas con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes a una dosificación de 0.765 kg/m² es de 331.85±4.77 kgf/cm² y la resistencia de las probetas con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes a una dosificación de 0.905 kg/m² es de 333.43±4.50 kgf/cm².

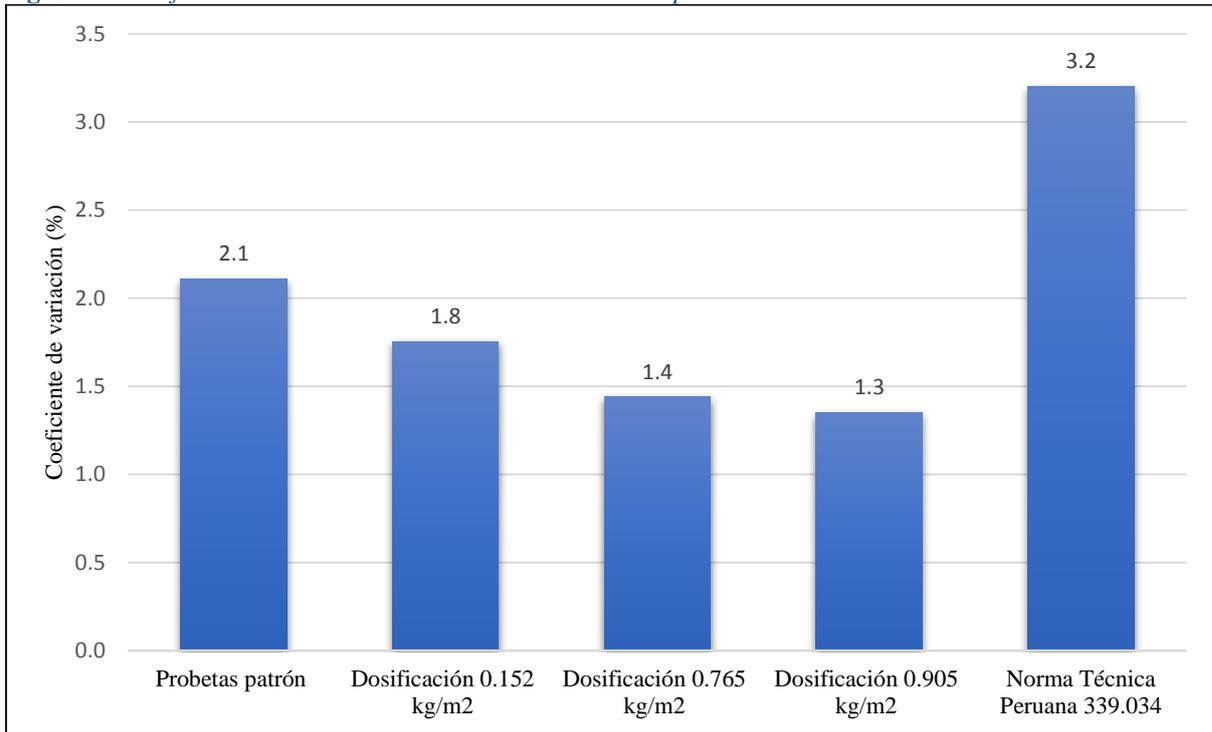
Figura 87: Resistencia a la compresión



Fuente: Elaboración propia, 2018

Con respecto a la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.034 menciona que la precisión dependerá del coeficiente de variación de los resultados obtenidos mediante sus procesos recomendados; de este modo según se observa en la Figura 88 el coeficiente de variación para cilindros de 100 mm y 200 mm en condiciones de laboratorios será de 3.2% como máximo, según los resultados obtenidos las probetas patrón arrojan un coeficiente de variación de 2.1% mientras que las probetas incrustadas con piedras fotoluminiscentes a una dosificación de 0.152 kg/m² posee un coeficiente de variación de 1.8%, mientras que la dosificación de 0.765 kg/m² posee un coeficiente de variación de 1.4% y finalmente la dosificación 0.905 kg/m² posee un coeficiente de variación de 1.3% . Siendo ambos menores que el valor establecido por la norma, por lo que el ensayo de resistencia a la compresión realizado en esta investigación cumple con los parámetros de precisión establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.034.

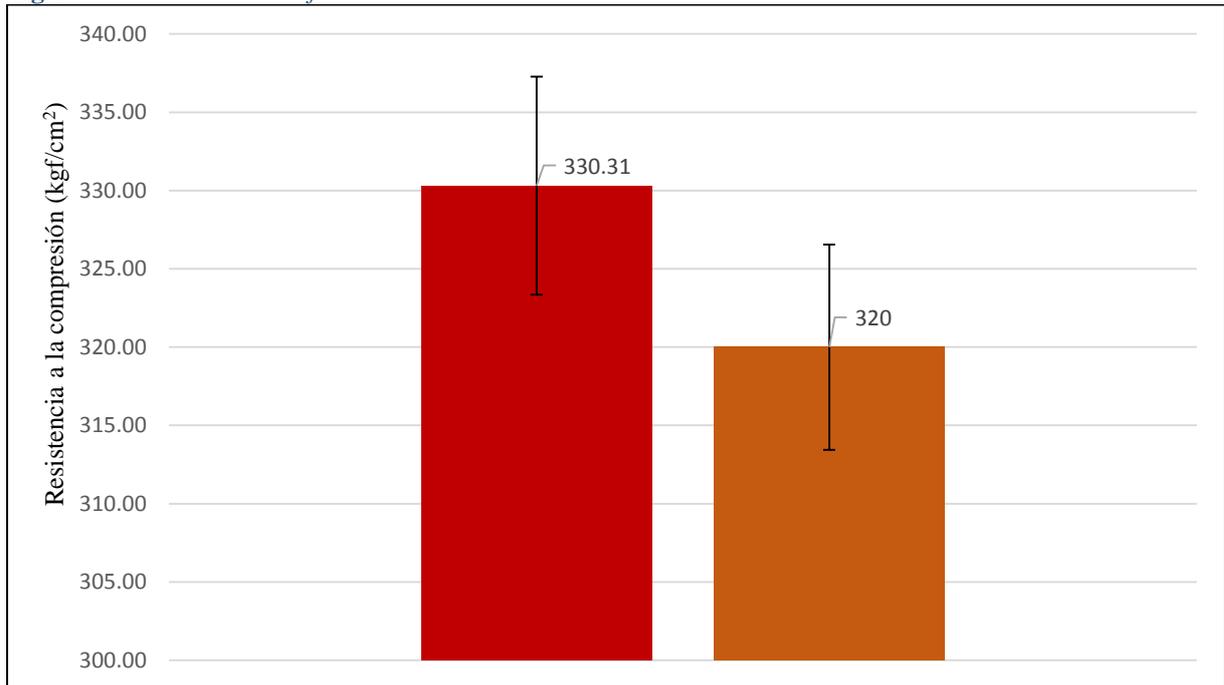
Figura 88: *Coefficiente de variación de la resistencia a la compresión*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Además, Aureliano (2018) afirma que los testigos cilíndricos diseñados a $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ utilizando agregados (piedra chancada y arena gruesa) extraídos de la cantera “HyS” cuya piedra chancada posee un tamaño máximo nominal (TMN) igual a 1”, otorgan una resistencia igual a 320 kgf/cm^2 en concreto convencional. Para confirmar la similitud con los resultados obtenidos el porcentaje de diferencia con respecto a la probeta patrón es de 3.17 %. En cuanto a la desviación estándar se realiza el diagrama de barras de error para una mejor visualización de la similitud entre los resultados; por lo que se observa de color rojo el valor de resistencia obtenido por Aureliano y de color anaranjado el valor obtenido en la probeta patrón obtenido en la presente investigación (ver Figura 89).

Figura 89: Resistencia a la flexión

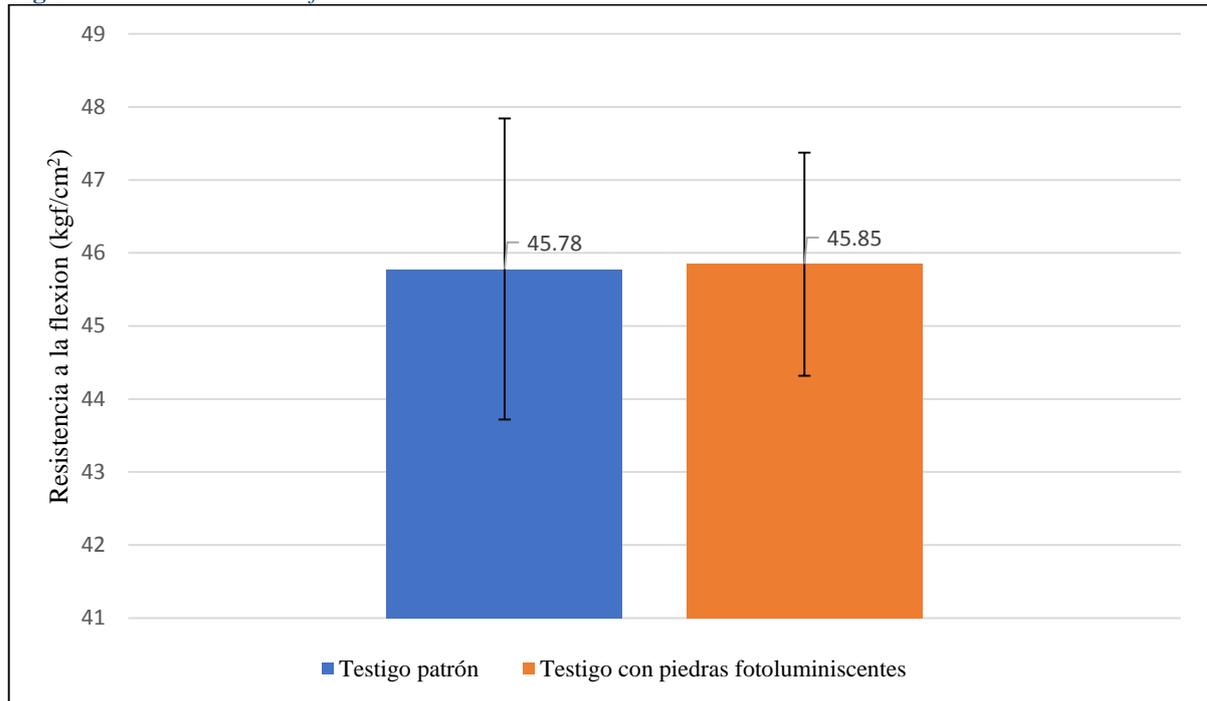


Fuente: Elaboración propia, 2018

5.12. Resistencia a la flexión

Se elaboraron 6 especímenes de concreto para resistencia a la flexión, los cuales 3 testigos fueron tomados como probetas patrón y los otros 3 fueron incrustados con 0.765gr de piedras fotoluminiscentes. Los resultados muestran que la incrustación de piedras fotoluminiscentes en el concreto no influye en su resistencia, según se puede observar en la Figura 90 la resistencia promedio de las probetas patrón es de 45.78 ± 2.06 kgf/cm² y la resistencia promedio de las probetas con incrustaciones de piedras fotoluminiscentes es de 45.85 ± 1.53 kgf/cm². Además, presenta un 0.15% de diferencia en las resistencias de probetas patrón vs. probetas con piedras fotoluminiscentes.

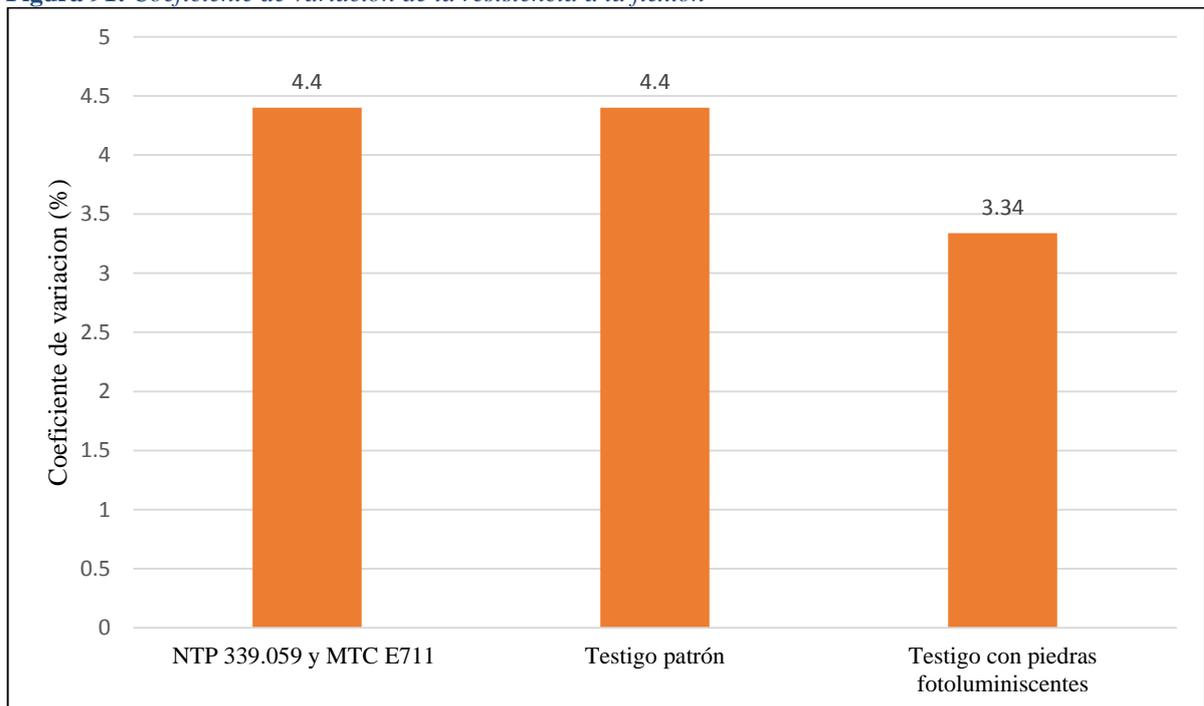
Figura 90: Resistencia a la flexión



Fuente: Elaboración propia, 2018

Para la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.059, donde se realiza ensayos de flexión a testigos en el punto medio se recomienda un coeficiente de variación de 4.4% mismo que se replicar en el ensayo de resistencia a la flexión del concreto método de la viga simple cargada en el punto central establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) E 711. Los resultados obtenidos en el ensayo a flexión presentan un coeficiente de variación de 4.4% en los testigos patrón y 3.34 % en los testigos con piedras fotoluminiscentes (ver Figura 91), de este modo se afirma que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango permitido por la Norma Técnica Peruana y el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

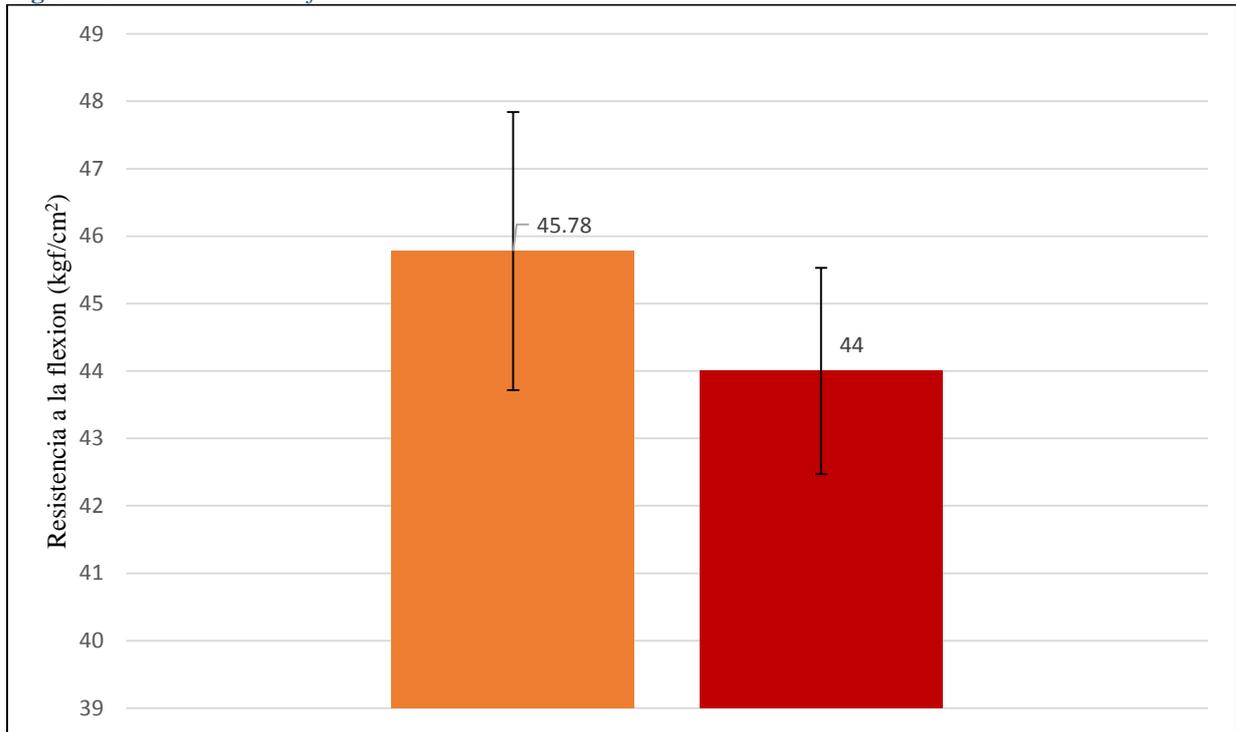
Figura 91: *Coefficiente de variación de la resistencia a la flexión*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Además, Aureliano (2018) en su estudio realizado utilizó agregados extraídos de la cantera “H y S” para un diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ lo cual le dio como resultado 44 kgf/cm^2 en los ensayos de resistencia a la flexión a vigas de concreto convencional. Por lo que en comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación se afirma que el porcentaje de diferencia es de 3.96 %. En cuanto a las barras de error se puede observar la similitud que existe entre los márgenes de la desviación estándar, por lo que se de color rojo se puede observar la resistencia a la flexión obtenida por Aureliano y de color anaranjado la resistencia obtenida en la investigación (ver Figura 92).

Figura 92: Resistencia a la flexión

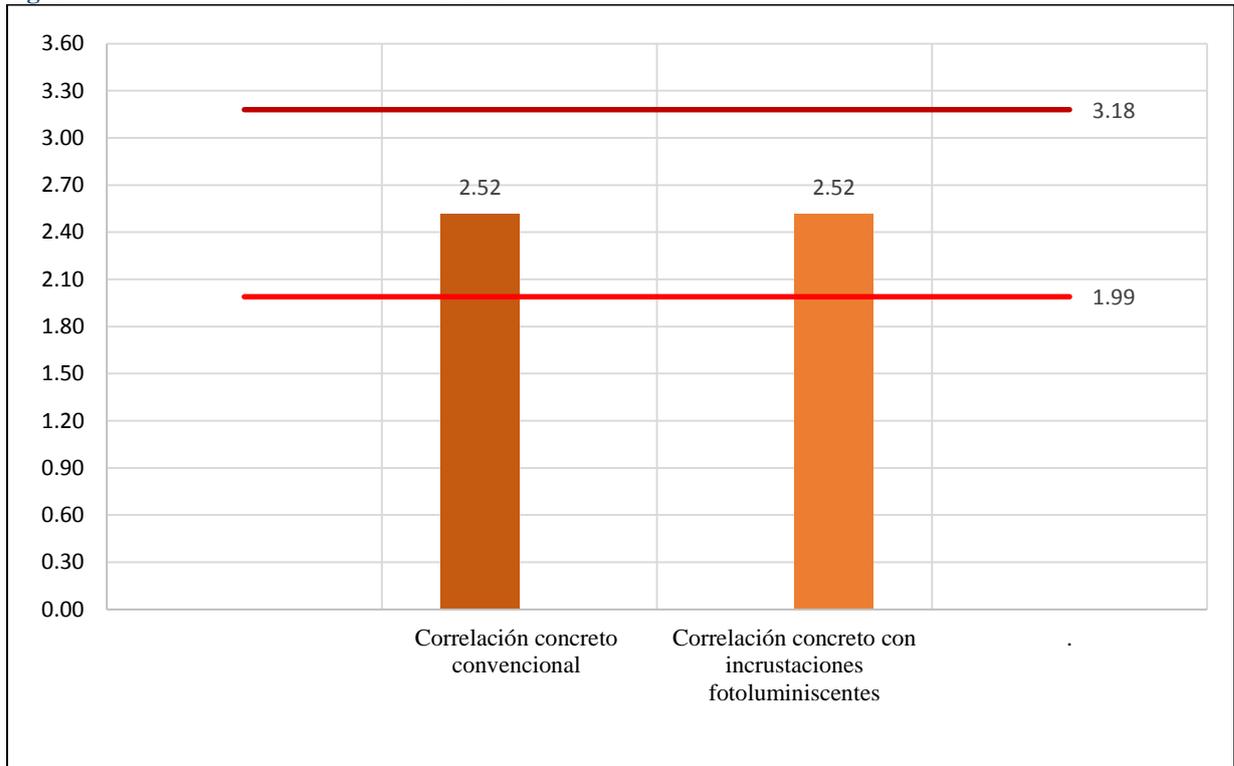


Fuente: Elaboración propia, 2018

Respecto a la relación entre la resistencia obtenida a flexión y compresión cuyos ensayos se realizaron siguiendo las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana (NTP) se determinó que las probetas de concreto convencional cilíndricas y tipo viga poseen una relación de 13.86%, en cuanto a las probetas incrustadas con piedras fotoluminiscentes poseen una relación de 13.82%. Cuyos valores deben encontrarse dentro de los límites de 10% y 15% establecidos por el ACI 318.

Además, aplicando la fórmula establecida por el ACI 318 la cual se encuentra expresada como $f_r = k\sqrt{f'_c}$ cuyo valor “k” es adimensional y se debe encontrar dentro de los límites 1.99 - 3.18. Tales valores son de 2.52 en las probetas de concreto convencional y las probetas incrustadas con piedras fotoluminiscentes, esta correlación se aplica para resistencias de diseño hasta los 280 kgf/cm² (Ver Figura 93).

Figura 93: *Correlación de resistencias ACI 318*



Fuente: Elaboración propia, 2018

CONCLUSIONES

- Se determinó que las piedras fotoluminiscentes por sus propiedades otorgan una iluminación de 4.33 lux en la superficie la cual a los 10 minutos se reduce a 0.31 lux; Además, orienta al transeúnte y conductor debido a que la luz emitida por las piedras es visible al ojo humano cumpliendo con los requerimientos mínimos de iluminación a los 10 minutos para señalización fotoluminiscente.
- Se midió la iluminación de las piedras fotoluminiscentes a distintas exposiciones de luz y tiempos de carga presentando una emisión de 13.54 ± 1.04 lux cuando es expuesta a una iluminación de 4930.82 lux, 12.47 ± 0.78 lux cuando es expuesta a una iluminación de 1759.38 lux y 10.40 ± 1.57 lux cuando es expuesta a una iluminación de 451.34 lux; estadísticamente queda demostrado que la luz de exposición a la que se encuentran las piedras influye en la cantidad de luz que estas puedan emitir.
- La abrasión de las piedras fotoluminiscentes posee un desgaste del 1,2% empleando 500g de piedra fotoluminiscente, cumpliendo con lo estipulado por la Norma Técnica Peruana (NTP) donde se recomienda que el desgaste no sea superior al 50% en agregado grueso. Por lo que se garantiza el uso del material fotoluminiscente en construcción demostrando así que posee la dureza necesaria para ser colocadas en lugares exteriores donde el tránsito peatonal y vehicular sean frecuentes.
- Se determinó que el tiempo de carga a 5 minutos, 10 minutos y 15 minutos de las piedras fotoluminiscentes provoca que estas emitan luz por más de 8 horas, por lo que se asegura su duración en horas nocturnas beneficiando el alumbrado horizontal y vertical en las calles. Esto se debe principalmente a su propiedad física que esta posee, debido a que internamente los electrones reducen su excitación provocando la disminución de luz. Por lo que sí es

colocando en una superficie de concreto transmitirá luz tenue la cual no perjudica la salud humana y la del resto de seres vivos.

- En las probetas de concreto convencional se obtuvo una resistencia a la compresión de $330.31 \pm 6.96 \text{ kgf/cm}^2$, mientras que en la dosificación de 0.152 kg/m^2 de piedras fotoluminiscentes se obtuvo $329.23 \pm 5.77 \text{ kgf/cm}^2$, en la dosificación de 0.765 kg/m^2 se obtuvo $331.85 \pm 4.77 \text{ kgf/cm}^2$ y finalmente en la dosificación 0.905 kg/m^2 se obtuvo $333.43 \pm 4.50 \text{ kgf/cm}^2$; en el análisis estadístico estos resultados no representan diferencia alguna, por lo que se afirma que la incrustación de piedras fotoluminiscentes no interviene en la resistencia a la compresión. Los resultados muestran que la capa superficial de piedras incrustadas no altera la resistencia del concreto, por lo que se le puede dar distintas aplicaciones en estructuras verticales y horizontales, siendo así que 0.765 kg/m^2 es tomada como la dosificación recomendada ya que este cumple con los requisitos de la norma española UNE 23035 para señalización fotoluminiscente y además existe un costo-beneficio, caso contrario con respecto a la dosificación de 0.905 kg/m^2 que también cumple con los requisitos de la UNE 23035 pero posee un alto costo en cuanto a producción y aplicación.
- Se comparó el promedio de resultados de resistencia a la flexión obtenidos de la probeta patrón y de la probeta con superficie de piedras fotoluminiscentes siendo estos $45.78 \pm 2.06 \text{ kgf/cm}^2$ y $45.85 \pm 1.53 \text{ kgf/cm}^2$ respectivamente; demostrando que la capa superficial de piedras fotoluminiscentes no interfiere en el módulo de ruptura del concreto, por lo que su uso se le puede atribuir a superficies como pavimentos, losas u otra estructura que se encuentre expuesta a flexión.

RECOMENDACIONES

- Contemplar el uso de un sensor con la capacidad de dar lectura en micro candelas por metro cuadrado (mcd/m^2) con la finalidad de tener una respuesta más precisa respecto a lo establecido en la norma española (UNE) 23035.
- Tomar en cuenta los procedimientos y equipos necesarios para realizar la evaluación correspondiente según las normas ASTM E 2072, ASTM E 2073, ASTM E 2030-99 e ISO 17398 para materiales fotoluminiscentes.
- Analizar las posibilidades de empleo de otros materiales fotoluminiscente como el pigmento y similares, con la finalidad de establecer una comparativa para una mejor aplicación.
- Emplear las piedras fotoluminiscentes en superficies de asfalto para observar su comportamiento correspondiente.
- Utilizar resina líquida sobre la superficie con piedras fotoluminiscentes con la finalidad de dar una mayor resistencia al desgaste y garantizar un alto tiempo de vida de la piedra.
- Emplear un fotómetro al momento de realizar los ensayos de luz para de este modo ejecutar los ensayos más fieles a la norma española (UNE) 23035.
- Realizar ensayos de resistencia a la compresión y flexión con incrustaciones variando el diámetro del grano.
- Analizar los componentes químicos del agregado fotoluminiscente con la finalidad de dar pase a su manufacturación.
- Realizar el ensayo con la máquina de los ángeles usando 5000 g de piedras fotoluminiscentes para seguir las recomendaciones de la NTP.

REFERENCIAS

- ACI. (2005). *318S-05 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. Michigan, Estados Unidos:ACI
- Amat, J. (Enero de 2016). RPubs. Recuperado de https://rpubs.com/Joaquin_AR/218466
- Anaya, G., & Chaoca, R. (2009). *Apoyo didáctico en la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Materiales de construcción*. Cochabamba, Bolivia: UMSS
- Antó, J., & Tómas, N. (2006). *Optica Instrumental*. Lima, Perú: UCP.
- ARCOIRIS. (s.f.). Pinturafosforescente.es. Recuperado de <https://www.pinturafosforescente.es/pigmentos-fotoluminiscentes/412-pigmentos-fotoluminiscentes-solventes-1kg.html>
- ASTM. (2007). *C 150-07 Especificación normalizada para Cemento Portland*. Pensilvania, Estados Unidos:ASTM
- Barreda, M. (2009). *Ensayos de hormigón en estado fresco y endurecido*. Mexico DF:Mexico:LeMac
- BBC. (26 de Agosto de 2016). NEWS mundo . Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-36751206>
- BBC.(30 de Junio de 2010).News Mundo. Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/06/100629_1205_satelite_mapa_gravedad_tierra_cr
- Biondi, A. (s.f.). Los cementos adicionados. Recuperado de http://www.asocem.org.pe/archivo/files/CC_ed17%20-%20Asocem.pdf
- Buhl, G. (25 de Julio de 2017). Ecoconstrucción. Recuperado de <http://www.ecoconstruccion.net/noticias/caminos-luminiscentes-gracias-a-un-innovador-material-en-una-urbanizacion-en-madrid-jzIZK>
- Canales, A., Escobar, M., Fernández, A., Jiménez, J., Muñoz, C., Torres, B., & Reyes, A. (2010). *Estadística inferencial*. Veracruz, Mexico : Universidad Veracruzana .
- Cañas, M., & Retana, M. (2015). *Establecimiento de una relación entre el módulo de ruptura (f_r) y la resistencia a la compresión (f_c) para mezclas de concreto hidráulico en El Salvador* (tesis de pregrado) Universidad politécnica de El Salvador, San Salvador, El Salvador.
- Carrasco, F. (s.f.). *Propiedades del hormigón endurecido*. Santa fe, Mexico: Universidad Tecnológica Nacional
- Carreño, B. (14 de Junio de 2016). Scientifican American Español. Recuperado de <https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/cientifico-mexicano-crea-cemento-luminoso/>
- Christopher, Kuester, H., Sánchez, A., Baugh, K., Jechow, A., Holker, F., . . . Guanter, L. (2017, Noviembre 22). Science Advances. Recuprado de <http://advances.sciencemag.org/content/3/11/e1701528>
- Correa, J., Iral, R., & Rojas, L. (2006). *Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza*. Medellín,Colombia : Universidad Nacional de Colombia .
- Cuéllar Yáñez, L. (2018). Repositorio Institucional: Universidad Autónoma San Francisco. Recuperado de Repositorio Institucional: Universidad Autónoma San Francisco: <http://repositorio.uasf.edu.pe/handle/UASF/112>
- Diaz, J. (24 de Julio de 2013). Concreto. Recuperado de https://issuu.com/josemdbg/docs/concreto_1_

- Fasanando, J., & Guzman, B. (2016). *Diseño de concreto 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280,kg/cm², con agregado grueso de Boloneria del río Huallaga y agregado fino del rio Parapapura*. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú
- Flor, M., Santamaria, J., & Carpio, A. (2018). *Estudio de un compuesto cementante fotoluminiscente y su aplicación en la construcción*. Quito, Ecuador: UCE.
- García, J., & Correcher, V. (2015). *Técnicas Luminiscentes*. Madrid, España.
- Giraldo, O. (2006). *Dosificación de mezclas de hormigón*. Medellín, Colombia: UNC
- Gogas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2011). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid.
- Goma, F. (1979). *El cemento portland y otros aglomerantes* (pág. 14). Barcelona, España: Editores técnicos asociados s.a.
- Goma, F. (1979). En *El cemento portland y otros aglomerantes* (pág. 14). Barcelona, España: Editores técnicos asociados s.a.
- Granja, E. (2014). *Diseño de un Hormigón Fluorescente para la señalización de vías terrestres* (tesis pregrado). Universidad Internacional de Ecuador, Quito, Ecuador.
- Gutiérrez, L. (2013). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales, Colombia: Universidad nacional de Colombia.
- Hernández, E. (2017). Luminiscente canarias. Recuperado de <https://luminiscentecanarias.es/proyecto-smart-glow-road/>
- IECA. (s.f). Instituto Español del cemento y sus aplicaciones. Recuperado de <https://www.ieca.es/componentes-y-propiedades-del-cemento/>
- IMCYC. (2014). *Propiedades del concreto*. Mexico DF, Mexico: Soledad Moliné Venanzi.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto* (pág. 25). Chicago, Estados Unidos: Portland Cement Association.
- Liepina, V., Smits, K., Millers, D., Grigorjeva, L., & Monty, C. (2012). *The luminiscent properties of persistent strontium aluminate phosphor prepared by solar induced solid state synthesis*. Latvia, República de Latvia: IOPscience
- López, Z. (2009). *Nanocompositos híbridos orgánico-inorgánicos con directos de estructura obtencion y estudio de sus propiedades* (tesis pregrado) Universidad de Chile, Santiago, Chile
- Mamlouk, M., & Zaniewski, J. (2009). *Materiales para ingeniería civil* (pág. 227). Madrid, España: Pearson Educacion S.A.
- Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. Bogotá, Colombia: Ecoe .
- Merritt, F., Loftin, K., & Ricketts, J. (1999). *Manual del Ingeniero Civil*. México DF, México: McGraw-Hill.
- minitab . (2017). Soporte de Minitab 18 .Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/what-is-the-normal-distribution/>

- Minitab. (2017). Soporte de minitab 18 . Recuperado de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-hypothesis-test/>
- Morrison, H. (25 de Noviembre de 2017). Audiencia Electronica . Recuperado de <http://www.audienciaelectronica.net/2017/11/aumenta-la-contaminacion-luminica-en-el-mundo-por-uso-de-led-como-nos-afecta/>
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales* (pág. 303). Lima, Perú: MTC.
- Mufson, B. (22 de Octubre de 2014). Autopistas del futuro. Recuperado de https://www.vice.com/es_co/article/4w9pjjg/las-autopistas-del-futuro-brillan-en-la-oscuridad
- NAIDER MOVILIDAD SOSTENIBLE . (13 de Octubre de 2014). Caminos Luminiscentes. Recuperado de <http://naider.com/caminos-luminiscentes-para-ciclistas-y-peatonos/>
- Nilson, A., & Darwin, D. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill.
- NTP . (2003). *339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Lima, Perú: INACAL
- NTP . (2015). *339.034 Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP 339.185. (2013). *Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado* . Lima, Perú : INACAL.
- NTP 400.019 002. (20002). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. (2003). *339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. (2003). *339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. (2003). *339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. (2003). *339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. (2003). *339.183 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. (2009). *339.035 Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland*. 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). *400.021 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú: INACAL.
- NTP. (2013). *400.021 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso*. Lima, Perú: INACAL.

- NTP. (2015). 339.033 *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima, Perú: INACAL.
- Ong, T. (23 de Noviembre de 2017). Energy leds boost light . Recuperado de <https://www.theverge.com/2017/11/23/16693914/energy-leds-boost-light-pollution-worldwide>
- Paniagua, M., Ossa, A., & Ruiz, G. (2008). *Características de adhesión entre fibras de queratina y poliéster insaturado*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- PCE IBÉRICA S.L. (2018). *Instrucciones de uso del luxómetro PCE-174*. Santiago, Chile: PCE
- Perez, M. (2013). *Estudio y desarrollo de los materiales fotoluminiscentes con pigmentos de alta emisión en soporte vítreo sinterizado* (tesis pregrado). Universidad de Cantabria, Santander, España.
- Polonía, D., & Arroyave, A. (2016). *Alternativa luminiscente para señalización horizontal* (tesis pregrado). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Ponce, L. (2014). *Estudio de la contaminación lumínica y eficiencia energética en alumbrado exterior* (tesis pregrado). Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- QUIENLOINVENTO. (18 de Octubre de 2014). Pavimento luminiscente. Recuperado de <https://quienloinvento.wordpress.com/2014/10/18/pavimento-luminiscente/>
- Quiroz, M., & Salamanca, L. (Diciembre de 2006). Tecnología del concreto . Recuperado de https://issuu.com/fank2/docs/libro_b_sico_sobre_tecnologia_del.
- Rativa, F., & Jairo, C. (2014). *Evaluación de la resistencia a compresión y a la flexión del concreto de agregado fino reciclado de concreto variando la relación agua cemento* (tesis pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Rodriguez, C. (26 de Abril de 2014). ¿Qué es un material fosforescente y para que sirve?. Recuperado de <http://www.cronica.com.mx/notas/2014/829950.html>
- Romero, J. (1 de Febrero de 2014). Caminos luminiscentes. Recuperado de <https://omicro.com.espanol.com/2014/02/los-caminos-luminiscentes-para-ahorrar-en-farolas/>
- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. Recuperado de <http://enfermeriadeltrabajo.com/ojs/index.php/et/article/view/99>
- RPP. (28 de Agosto de 2017). Trujillo: Centro histórico será iluminado con lámparas LED. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/la-libertad/trujillo-plaza-de-armas-sera-iluminada-con-lamparas-led-noticia-1073172>
- Saenz, D. (24 de Octubre de 2013). Ecologismos. Recuperado de <https://ecologismos.com/carretera-solar-se-ilumina-noche/>
- Salgado, D. (12 de Diciembre de 2018). Pruebas de normalidad . Recuperado de http://www.estadisticacondago.com/images/estadisticahttp://www.estadisticacondago.com/images/estadistica_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf_inferencial/pruebas%20de%20normalidad.pdf
- Sánchez, D. (1997). *Tecnología y propiedades*. Bogotá, Colombia: Instituto del concreto.

- Sanjuán, M., & Chinchón, S. (s.f.). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. San Vicente, España: Universidad de Alicante
- SOLUCIONES LUMINISCENTES S.L. (2018). *Photoluminescent rubble*. Zaragoza, España:SL
- SPDnoticias.com. (10 octubre de 2013). Starpath. Recuperado de <https://www.sdpnoticias.com/geek/2013/10/23/starpath-el-liquido-que-brilla-en-la-oscuridad>
- VERNIER IBÉRICA. (s.f). Vernier mide, analiza y aprende. Recuperado de <http://www.vernier-iberica.com/descargas/datos%20tecnicos/ls-bta.pdf>
- Vicéns, J., Herrarte, A., & Medina, E. (15 de Enero de 2005). Analisis de la varianza (ANOVA). Recuperado de https://www.uam.es/personal_pdi/economicas/eva/pdf/anova.pdf
- yeirfryha. (11 de Marzo de 2015). LoggerPro. Recuperado de <http://fisicatecnicoadr.blogspot.com/2015/03/logger-pro-para-fisica.html>
- Yucato, E. (2014). *Determinación del módulo de rotura y deflexiones en vigas de hormigón, en base a su resistencia a la compresión ($f^c = 28 \text{ mpa}$), fabricado con cemento lafarge y materiales procedentes de la cantera del río ánzú, cantón tena, provincia del napo* (tesis pregrado). Universidad Central de Ecuador, Quito, Ecuador

ANEXOS

ANEXO N°1: FICHA TÉCNICA DE CEMENTO PACASMAYO TIPO MS



PACASMAYO

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO ANTISALITRE NUEVA FÓRMULA **FORTIMAX3**
Cemento Portland Tipo MS (MH) (R)
Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157
Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	6	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	0.07	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	4210	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.8	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.00	NO ESPECIFICA
Resistencia Compresión :			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	20.9 (213)	Minimo 11.0 (Minimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	29.4 (300)	Minimo 18.0 (Minimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.5 (403)	Minimo 28.0 (Minimo 286)
Tiempo de Fraguado Vicat :			
Fraguado Inicial	min	171	Minimo 45
Fraguado Final	min	298	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero Edad 14 días	%	0.007	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato Edad 6 meses	%	0.024	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 Días	Kcal/Kg	70	Máximo 70
Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-silica reactivos :			
Expansión a 14 días	%	0.018	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	0.040	Máximo 0.060

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-17 al 31-08-17.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.
La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Julio 2017.
La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de Febrero 2017.
El calor de hidratación corresponde al mes de Julio 2017.
Opción R (14 días) corresponde al mes de Junio 2017.
Opción R (56 días) corresponde al mes de Abril 2017.
(*) Requisito opcional.



Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

ANEXO N°2: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034 PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.034
2015**

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

**CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la
determinación de la resistencia a la compresión del concreto
en muestras cilíndricas**

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2015-12-22
4ª Edición**

R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

© ASTM 2015 - © INACAL 2015

**ANEXO N°3: NORMA TÉCNICA PERUANA 339.059 PARA RESISTENCIA A LA
FLEXIÓN**

**PROYECTO DE NORMA
TÉCNICA PERUANA**

**PNTP 339.059
2011**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**HORMIGÓN (CONCRETO). Método para la obtención y
ensayo de corazones diamantino y vigas seccionadas de
hormigón (Concreto)**

CONCRETE. Standard test method for obtaining and testing cores and sawed beams of concrete

2011-xx-xx
2ª Edición

"Este documento se encuentra en etapa de estudio, sujeto a posible
cambio. No debe ser usado como Norma Técnica Peruana"

Precio basado en 16 páginas

LC.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Resistencia a la compresión.; hormigón (concreto); corazón diamantino de hormigón (concreto);
hormigón (concreto) tallado; resistencia a la flexión; resistencia a la tracción por compresión diametral

**ANEXO N°4: NORMA ESPAÑOLA UNE 23035-1 SEÑALIZACIÓN
FOTOLUMINISCENTE**

**norma
española**

UNE 23035-1

Diciembre 2003

TÍTULO

**Seguridad contra incendios
Señalización fotoluminiscente
Parte 1: Medida y calificación**

Equipment for fire protection. Longtime afterglowing signs. Part 1: Measurement and marking

Équipement de protection contre l'incendie. Signaux luminescents. Partie 1: Mesures et classification.

CORRESPONDENCIA

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 23035-1 de marzo de 1995.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 23 *Seguridad contra Incendios* cuya Secretaría desempeña TECNIFUEGO-AESPI.

ANEXO N°5: DISEÑO DE MEZCLA (ACI.211)

- Datos preliminares

Tabla 86: *Agregados*

Agregados	Fino	Grueso
Perfil		Angular
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1480	1410
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1630	1550
Peso específico (kg/m ³)	2680	2680
Módulo de fineza	2.9	8.7
TMN		3/4"
% Absorción	0.67	1.05
% Humedad (w)	0.50	0.47

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Selección de la resistencia a la compresión promedio considerando la resistencia requerida:
f^oc: 280 kgf/cm²

Tabla 87: *Resistencia a la compresión requerida*

Resistencia a la compresión (f ^o c)	Resistencia a la compresión requerida (f ^o cr)
Menor a 210 kgf/cm ²	f ^o c + 70
210 kgf/cm ² – 350 kg/cm ²	f ^o c + 84
Mayor a 350kgf/cm ²	f ^o c + 98

Fuente: ACI 211, 2018

f^ocr: 364kgf/cm²

- Selección del Asentamiento: Slump 3"
- Selección del TMN del agregado: 3/4"
- Selección del contenido de aire atrapado, en porcentaje:

Tabla 88: *Aire atrapado en porcentaje*

TMN del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Fuente: Elaboración propia, 2018

Contenido de aire: 2%

- Selección de la cantidad de agua en kg/m^3 de concreto:

Tabla 89: Selección de agua:

Asentamiento	Agua en lt/m^3 , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	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"	216	205	197	184	174	166	154	-----

Fuente: ACI 211, 2016

Agua: 205 lt/m^3

- Selección de la relación a/c (por resistencia requerida f'_{cr})

Tabla 90: Relación a/c

f'_{cr} (Kgf/cm^2)	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	----
450	0.38	----

Fuente: ACI 211,2018

350 _____ 0.48

364 _____ x

400 _____ 0.43

a/c: 0.466

- Cálculo del contenido de cemento:

$$\text{cemento} = \frac{\text{agua}}{\left(\frac{a}{c}\right)} \Rightarrow \text{cemento} = \frac{205}{0.466}$$

Cemento: 439.914163 kg/m³

- Determinación de la suma de los volúmenes absolutos:

Tabla 91: *Suma de valores absolutos*

Materiales	Volumen (m ³)
Cemento MS	0.1466
Agua	0.2057
Arena	
Piedra	
Aire (2%)	0.0200
Balance volúmenes	0.3724
Saldo del volumen	0.6276

Fuente: Elaboración propia, 2018

- Cálculo del contenido de agregado grueso:

Tabla 92: Cálculo del agregado grueso

Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por
unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de
fineza del fino (m³).

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Elaboración propia, 2018

$$2.80 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.62$$

$$2.9 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad x$$

$$3.00 \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 0.60$$

$$X=0.612$$

Peso seco AG = PUSC (AG) x Factor AG

Peso seco AG = 0.612 x 1552.29

Peso seco AG= 950.00 kg/m³

- Cálculo del volumen absoluto del agregado grueso:

$$\text{Volumen AG} = \frac{\text{Peso seco AG}}{\text{PeM AG}}$$

$$\text{Volumen AG} = \frac{950 \text{ kg/m}^3}{2679.24 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Volumen AG} = 0.3546 \text{ m}^3$$

- Cálculo del volumen absoluto del agregado fino:

$$\text{Volumen AF} = 0.6276 - 0.3546 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen AF} = 0.2731 \text{ m}^3$$

- Cálculo del contenido del agregado fino:

$$\text{Peso seco F} = \text{Pem} \times \text{Volumen AF}$$

$$\text{Peso seco AF} = 2679.93 \times 0.2731$$

$$\text{Peso seco AF} = 731.77 \text{ kg/m}^3$$

- Presentación del diseño en estado seco:

Cemento: 439.91 kg/m³

Agregado Fino: 731.77 kg/m³

Agregado Grueso: 950.00 kg/m³

Agua: 205 lt/m³

- Corrección por humedad y absorción de los agregados:
- Agregado fino:

$$\text{Agregado fino} = 731.77 \times \left(\frac{0.505213}{100} + 1 \right)$$

Agregado fino = 735.45 kg/m³

- Agregado Grueso:

$$\text{Agregado grueso} = 950.00 \times \left(\frac{1.05}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado grueso} = 951.01 \text{ kg/m}^3$$

- Aporte de agua a la mezcla

- Agregado fino:

$$\text{Agregado fino} = 0.502513 - 0.67 \times \frac{731.770665}{100}$$

$$\text{Agregado fino} = -1.24 \text{ lt}$$

- Agregado Grueso:

$$\text{Agregado grueso} = 0.47 - 1.05 \times \frac{950.003994}{100}$$

$$\text{Agregado grueso} = -5.57 \text{ lt}$$

**Aporte de agua a la mezcla total: -6.80

- Agua efectiva:

$$\text{Agua efectiva} = -6.80 - 250$$

$$\text{Agua efectiva} = 211.80 \text{ lt}$$

- Proporción del diseño:

Tabla 93: *Proporción del diseño*

cemento	AF	AG	agua	
439.91	735.45	950.00	211.80	
1	1.67	2.16	20.46	Its /bls

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N°6: MUESTREO PARA OPTIMIZACIÓN DEL SENSOR DE LUZ

Tabla 94: *Muestreo para optimización del sensor*

ENSAYO	DESCRIPCIÓN		PESO	
Sin aluminio por alturas.		5 cm	150 g	
		10 cm	150 g	
		15 cm	150 g	
		20 cm	150 g	
		25 cm	150 g	
Sin aluminio por exposición de luz.	451.34 lux	20 min.	150 g	
		40 min.	150 g	
		60 min.	150 g	
	1759.38 lux	20 min.	150 g	
		40 min.	150 g	
		60 min.	150 g	
	4930.82 lux	20 min.	150 g	
		40 min.	150 g	
		60 min.	150 g	
	Con aluminio por exposición de luz.	451.34 lux	20 min.	150 g
40 min.			150 g	
60 min.			150 g	
1759.38 lux		20 min.	150 g	
		40 min.	150 g	
		60 min.	150 g	
4930.82 lux		20 min.	150 g	
		40 min.	150 g	
		60 min.	150 g	
Optimización del sensor de luz.		5 cm	15cmx15cm	150 g
	19cmx19cm		150 g	
	23cmx23cm		150 g	
	10 cm	15cmx15cm	150 g	
		19cmx19cm	150 g	
		23cmx23cm	150 g	
	15 cm	15cmx15cm	150 g	
		19cmx19cm	150 g	
		23cmx23cm	150 g	
	Con aluminio por áreas y alturas.	20 cm	15cmx15cm	150 g
			19cmx19cm	150 g
			23cmx23cm	150 g
	25 cm	23cmx23cm	15cmx15cm	150 g
			19cmx19cm	150 g
			23cmx23cm	150 g
Con aluminio por espesores.	4930.82 lux	1 cm	150 g	
		2 cm	150 g	
		3 cm	150 g	
TOTAL			6150 g	

Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N°7: ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

• Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo 2:

Tabla 95: Análisis granulométrico del agregado fino

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	32.25	6.46	6.46	93.54
N°8	2.36	81.00	16.22	22.67	77.33
N° 16	1.18	20.50	4.10	26.78	73.22
N°30	0.60	112.00	22.42	49.20	50.80
N°50	0.30	95.50	19.12	68.32	31.68
N°100	0.15	137.50	27.53	95.85	4.15
FONDO	0.00	20.75	4.15	100.00	0.00

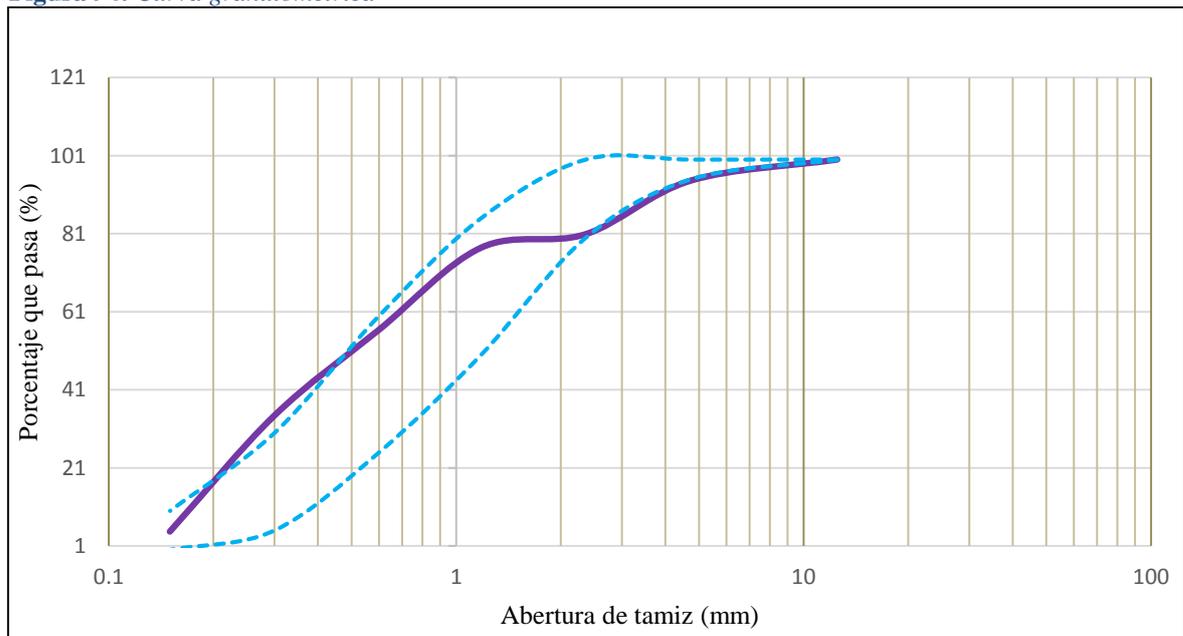
Fuente: Elaboración propia, 2018

MÓDULO DE FINURA

2.7

- Especificaciones normalizadas para agregados según la NTP 400.037

Figura 94: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2018

• **Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo 3:**

Tabla 96: *Análisis granulométrico del agregado fino*

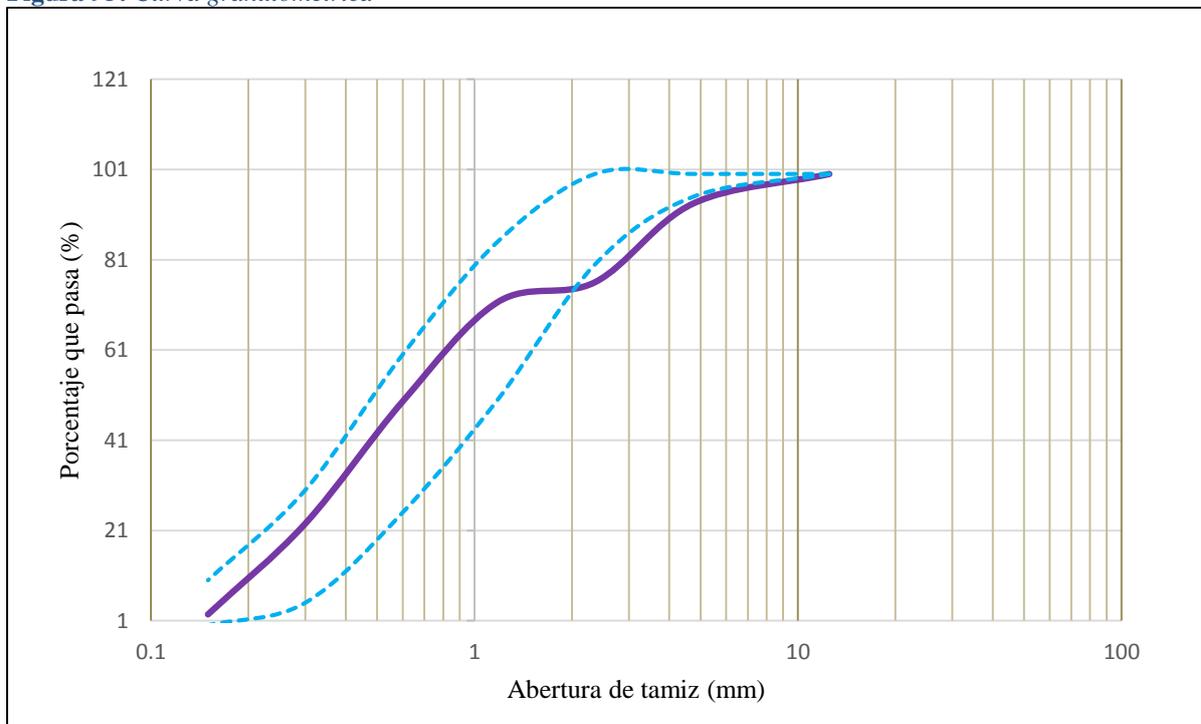
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE
		RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	32.50	6.52	6.52	93.48
N°8	2.36	87.00	17.44	23.96	76.04
N° 16	1.18	22.00	4.41	28.37	71.63
N°30	0.60	109.75	22.01	50.38	49.62
N°50	0.30	135.00	27.07	77.44	22.56
N°100	0.15	100.50	20.15	97.59	2.41
FONDO	0.00	12.00	2.41	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

MÓDULO DE FINURA	2.8
------------------	-----

- **Especificaciones normalizadas para agregados según la NTP 400.037**

Figura 95: *Curva granulométrica*



Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N°8: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO CORREGIDO

• **Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo corregido 2:**

Tabla 97: Análisis granulométrico del agregado fino

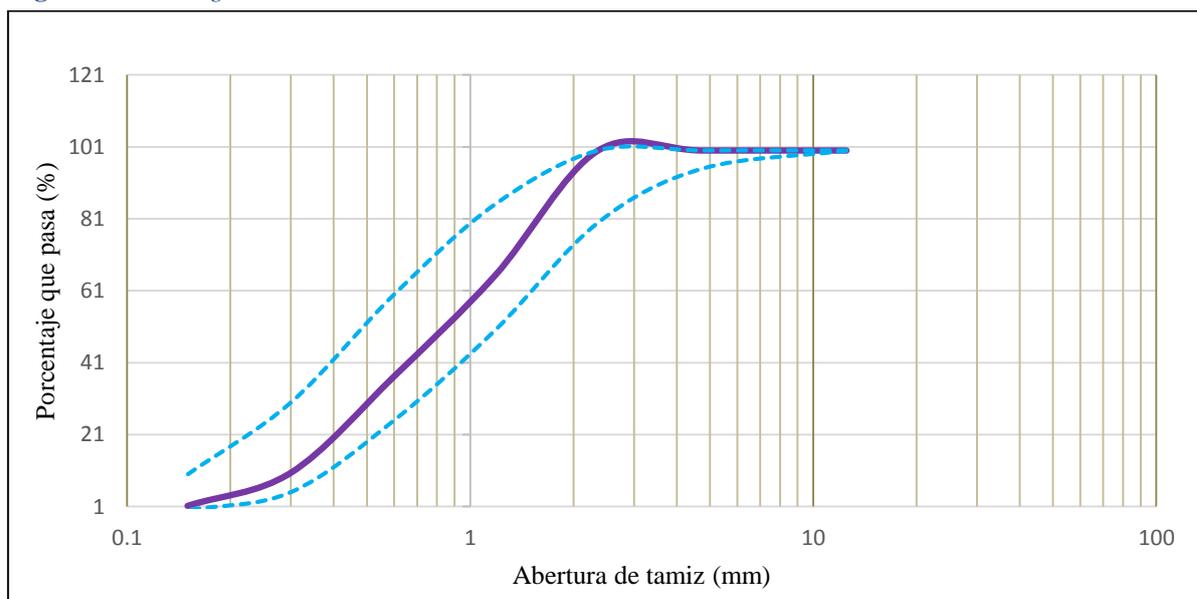
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 16	1.18	174.00	34.80	34.80	65.20
N°30	0.60	140.00	28.00	62.80	37.20
N°50	0.30	134.00	26.80	89.60	10.40
N°100	0.15	46.00	9.20	98.80	1.20
FONDO	0.00	6.00	1.20	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

MÓDULO DE FINURA	2.9
------------------	-----

- **Especificaciones normalizadas para agregados según la NTP 400.037**

Figura 96: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2018

• **Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)-Ensayo corregido 3:**

Tabla 98: *Análisis granulométrico del agregado fino*

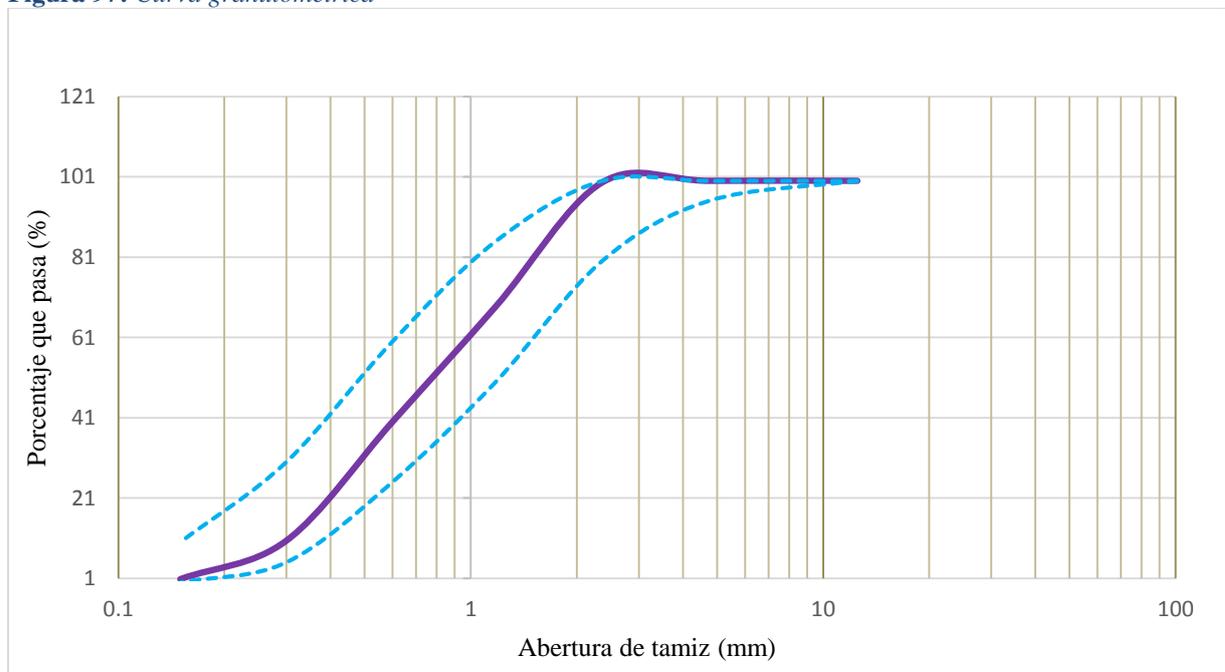
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.36	2.00	0.40	0.40	99.60
N° 16	1.18	154.00	30.80	31.20	68.80
N°30	0.60	144.00	28.80	60.00	40.00
N°50	0.30	148.00	29.60	89.60	10.40
N°100	0.15	48.00	9.60	99.20	0.80
FONDO	0.00	4.00	0.80	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

MÓDULO DE FINURA	2.8
------------------	-----

- **Especificaciones normalizadas para agregados según la NTP 400.037**

Figura 97: *Curva granulométrica*



Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N°9: ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

• Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)-Ensayo 2:

Tabla 99: Análisis granulométrico del agregado grueso

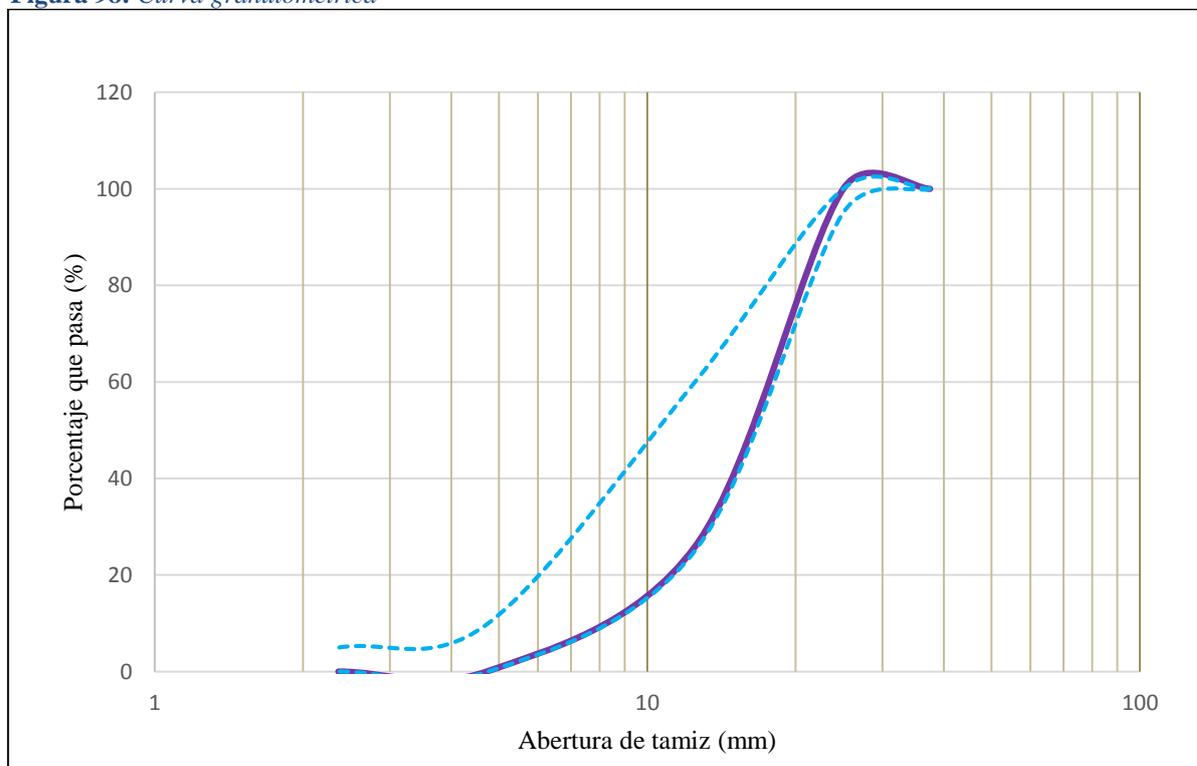
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	1482.00	74.10	74.10	25.90
N°4	4.75	516.00	25.80	99.90	0.10
N°8	2.36	2.00	0.10	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

MÓDULO DE FINURA (MF)	8.7
TAMAÑO MÁXIMO (TM)	1"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4"

- Especificaciones normalizadas para agregados según la NTP 400.037

Figura 98: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2018

• **Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)-Ensayo 3:**

Tabla 100: Análisis granulométrico del agregado grueso

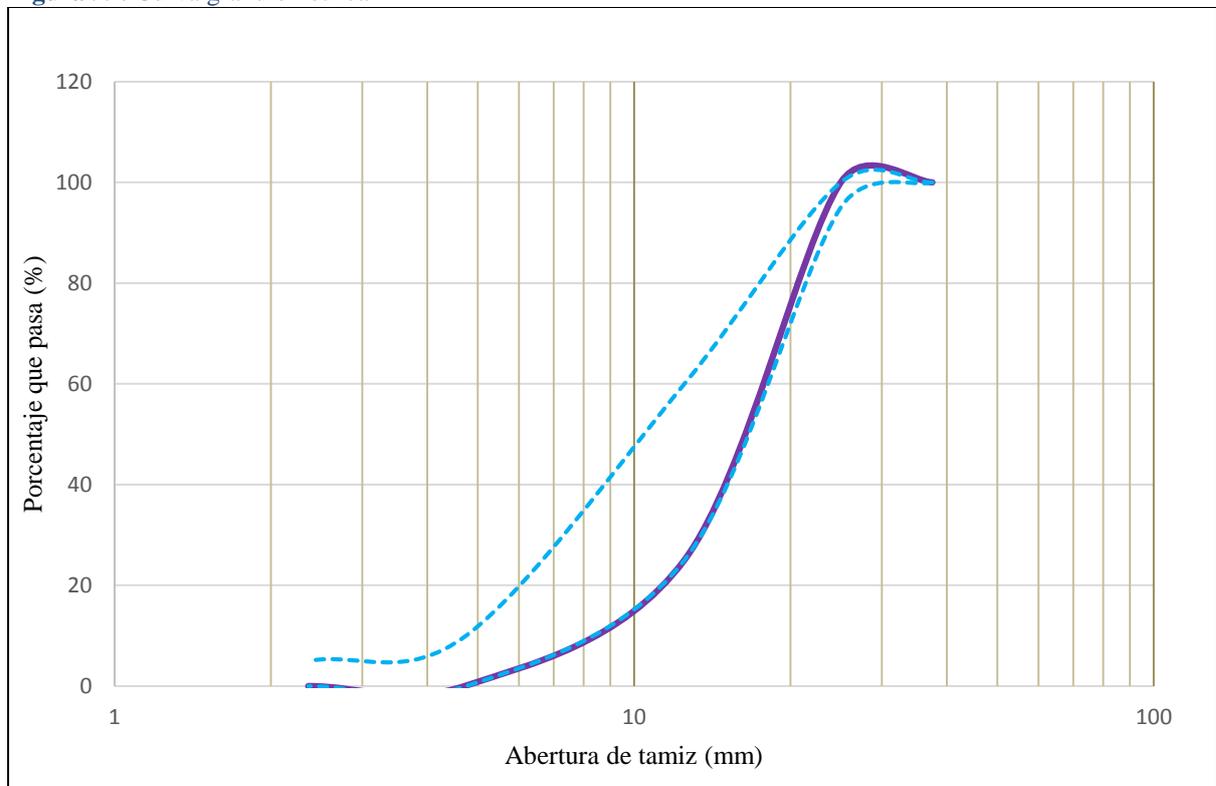
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	1498.00	74.97	74.97	25.03
N°4	4.75	498.00	24.92	99.90	0.10
N°8	2.36	2.00	0.10	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, 2018

MÓDULO DE FINURA (MF)	8.7
TAMAÑO MÁXIMO (TM)	1"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4"

- **Especificaciones normalizadas para agregados según la NTP 400.037**

Figura 99: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N°10: PROCEDIMIENTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SENSOR

1. Variando la altura del sensor

El ensayo de iluminación de las piedras fotoluminiscentes se realizó empleando sensores de luz y estableciendo una metodología propia determinando las variaciones en el proceso de la obtención de datos.

○ Equipos

- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts.

○ Programas

- Logger Pro; admisible para más de 80 sensores, compatible con LabPro y Windows.

○ Materiales

- Caja recubierta por dentro con papel aluminio para reflejar la luz emitida por el material.
- 150 g de piedra fotoluminiscente.

○ Procedimiento

- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en una superficie blanca la cual también sirvió como base de la caja.
- De acuerdo a los ensayos preliminares el proyector halógeno se colocó a una distancia de 40 cm debido al enfoque que este produce sobre las piedras (ver Figura 100).

Figura 100: *Altura de la lámpara*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Para realizar la comparativa se dejó cargar las piedras por un lapso de 20 minutos según la ficha técnica del material (ver Figura 101).

Figura 101: *Carga con lámpara halógena*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura al material utilizando el sensor de luz con sensibilidad de 0.2 lux y la caja de aluminio previamente conectado al interfaz y a la computadora (ver Figura 102).

Figura 102 : *Medición dentro de la caja*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- El sensor se colocó a una altura de 5 cm, 10 cm, 20 cm y 25 cm respecto a la base de la caja (ver Figura 103).

Figura 103: *Altura de 5 cm del sensor*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos tomando como guía la norma española UNE 23035 donde las piedras presentan su mayor intensidad y el cual es suficiente para realizar la comparativa.
- La prueba se realizó 3 veces por altura.
- **Obtención de datos**
- Logger Pro registra los datos obtenidos por el sensor procesando en la computadora los valores máximos y mínimos obtenidos en los 10 minutos de lectura; luego exportando a Excel se puede obtener las curvas respectivas.

2. Variando el espesor de la capa de piedra fotoluminiscente

- **Equipos**
- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts.
- **Programas**
- Logger Pro; admisible para más de 80 sensores, compatible con LabPro y Windows.
- **Materiales**
- Caja recubierta por dentro con papel aluminio para reflejar la luz emitida por el material.
- Piedra fotoluminiscente en cantidad variable.
- **Procedimiento**
- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en una superficie blanca la cual sirvió como base de la caja en donde se varió el espesor en 1 cm, 2 cm y 3 cm (ver Figura 104).

Figura 104: *Espesor de la capa de piedras fotoluminiscentes*



Fuente: Elaboración propia

- De acuerdo a los requerimientos el proyector halógeno se colocó a una distancia de 40 cm debido al enfoque que este produce sobre las piedras (ver Figura 100).
- Para realizar la comparativa se dejó cargar las piedras por un lapso de 20 minutos según las especificaciones técnicas del material (ver Figura 101).
- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura al material utilizando el sensor con sensibilidad de 0.2 lux y la caja de aluminio previamente conectado al interfaz y a la computadora (ver Figura 105).

Figura 105: *Rango del sensor*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos según indica la norma española (UNE) 23035.
- La prueba se realizó 3 veces por espesor.

○ **Obtención de datos**

- Logger Pro registra los datos obtenidos por el sensor procesando en la computadora los valores máximos y mínimos obtenidos en los 10 minutos de lectura.

3. Variando las dimensiones del contenedor

○ **Equipos**

- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts.

○ **Programas**

- Logger Pro; admisible para más de 80 sensores, compatible con LabPro y Windows.

○ **Materiales**

- Caja recubierta por dentro con papel aluminio para reflejar la luz emitida por el material.
- Piedra fotoluminiscente en cantidad variable.

○ **Procedimiento**

- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en una superficie blanca la cual sirvió como base de las cajas (ver Figura 106).

Figura 106: Colocación de piedras fotoluminiscentes



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Las cajas tuvieron una base de 25cm x 25cm, 19cm x 19 cm y 15cm x 10 cm (ver Figura 107).

Figura 107: *Diferente tamaño de cajas*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- De acuerdo a los requerimientos el proyector halógeno se colocó a una distancia de 40 cm debido al enfoque que este produce sobre las piedras (ver Figura 100).
- Para realizar la comparativa se dejó cargar las piedras por un lapso de 20 minutos según la ficha técnica del material (ver Figura 101).
- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura al material utilizando el sensor con sensibilidad de 0.2 lux y la caja de aluminio (ver Figura 108) previamente conectado al interfaz y a la computadora.

Figura 108: *Caja recubierta con aluminio*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos según lo indica la norma (UNE) 23035.
- La prueba se realizó 3 veces por caja.

○ **Obtención de datos**

- Logger Pro registra los datos obtenidos por el sensor procesando en la computadora los valores máximos y mínimos obtenidos en los 10 minutos de lectura.

4. Variando la altura del sensor sin caja recubierta de aluminio

○ **Equipos**

- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1 000 watts.

○ **Programas**

- Logger Pro; admisible para más de 80 sensores, compatible con LabPro y Windows.

○ **Materiales**

- Piedra fotoluminiscente en cantidad variable.

○ **Procedimiento**

- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en una superficie oscura (ver Figura 109).

Figura 109: *Colocación de piedras fotoluminiscentes en base oscura*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- De acuerdo a los requerimientos el proyector halógeno se colocó a una distancia de 40 cm debido al enfoque que este produce sobre las piedras (ver Figura 100).

- Para realizar la comparativa se dejó cargar las piedras por un lapso de 20 minutos según la ficha técnica del material (ver Figura 101).
- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura al material utilizando el sensor con sensibilidad de 0.2 lux previamente conectado al interfaz y a la computadora.
- El sensor se colocó a una altura de 5 cm, 10 cm, 20 cm y 25 cm respecto a la base.
- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos según lo indica la norma española (UNE) 23035.
- La prueba se realizó 3 veces por altura.

5. Variando la exposición dentro de la caja con aluminio

o Equipos

- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo.
- Proyector Halógeno Halux con potencia de 1 000 watts y 500 watts.
- Foco incandescente Philips con potencia de 100 watts.

o Programas

- Logger Pro; admisible para más de 80 sensores, compatible con LabPro y Windows.

o Materiales

- Caja recubierta por dentro con papel aluminio para reflejar la luz emitida por el material.
- Piedra fotoluminiscente en cantidad variable.

o Procedimiento

- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en una superficie blanca la cual sirvió como base de la caja.

- De acuerdo a los requerimientos el proyector halógeno o foco incandescente se colocó a una distancia de 40 cm debido al enfoque que este produce sobre las piedras (ver Figura 100).
- Para realizar la comparativa se dejó cargar las piedras por un lapso de 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos para verificar si existe variación.
- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura al material utilizando el sensor con sensibilidad de 0.2 lux y la caja de aluminio previamente conectado al interfaz y a la computadora.
- El sensor se colocó a una altura de 20 cm (ver Figura 110).

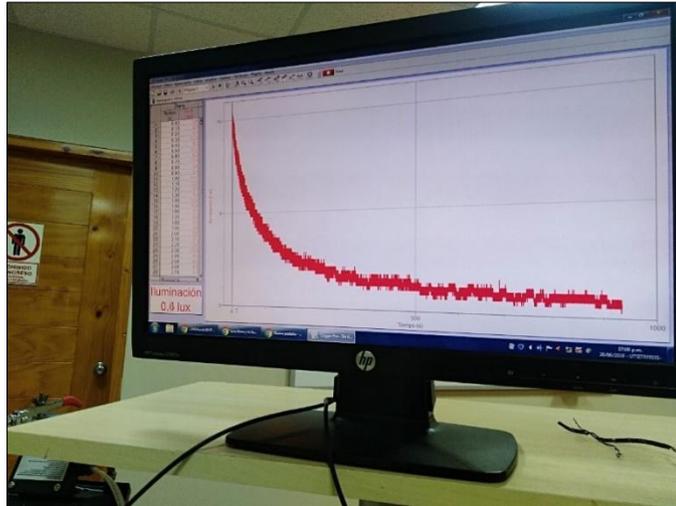
Figura 110: *Altura de sensor 20 cm*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos (ver Figura 111) donde las piedras presentan su mayor intensidad y el cual es suficiente para realizar la comparativa.

Figura 111: *Logger Pro*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- La prueba se realizó 3 veces por tiempo y 3 veces por cada tipo de lámpara empleada.

6. Variando la exposición dentro de la caja sin aluminio

○ Equipos

- Sensor de luz Vernier con sensibilidad de 0.2 lux con capacidad para tomar lecturas de 600 lux como máximo.
- Interfaz LabPro Vernier compatible con Windows como sistema operativo. Proyector Halógeno Halux con potencia de 1000 watts y 500 watts.
- Foco incandescente Philips con potencia de 100 watts.

○ Programas

- Logger Pro; admisible para más de 80 sensores, compatible con LabPro y Windows.

○ Materiales

- Piedra fotoluminiscente en cantidad variable.

○ Procedimiento

- La muestra con brillo igual a 0 lux fue colocada en una superficie oscura la cual sirvió como base de la caja.

- De acuerdo a los requerimientos el proyector halógeno o foco incandescente se colocó a una distancia de 40 cm debido al enfoque que este produce sobre las piedras (ver Figura 112).

Figura 112: Equipos y medición



Fuente: Elaboración propia, 2018

- Para realizar la comparativa se dejó cargar las piedras por un lapso de 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos para verificar si existe variación.
- Luego de transcurrido el tiempo; se procedió a dar lectura al material utilizando el sensor con sensibilidad de 0.2 lux previamente conectado al interfaz y a la computadora.
- El sensor se colocó a una altura de 15 cm.
- La lectura se realizó en un tiempo de 10 minutos donde las piedras presentan su mayor intensidad y el cual es suficiente para realizar la comparativa.
- La prueba se realizó 3 veces por tiempo y 3 veces por cada tipo de lámpara empleada.

ANEXO N°11: RESULTADOS DE OPTIMIZACIÓN DEL SENSOR

- **Ensayo dentro de la caja con recubrimiento de aluminio variando el área de influencia y la altura del sensor**

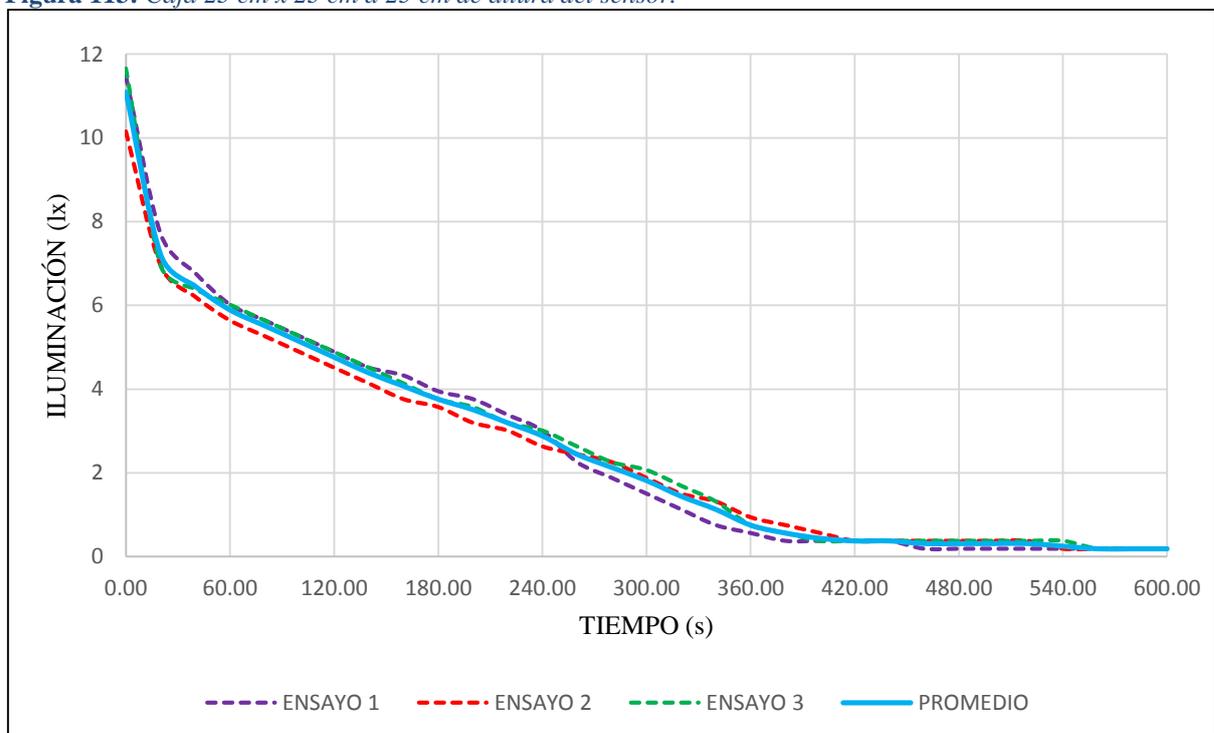
- **Dimensión de la caja (23 cm x 23 cm) y altura del sensor (25 cm)**

Tabla 101: Caja 23 cm x 23 cm a 25 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	11.4701	10.1538	11.6581	11.0940	320	1.1282	1.5043	1.6923	1.4416
20	7.7094	6.9573	6.9573	7.2080	340	0.7521	1.3162	1.3162	1.1282
40	6.7692	6.2051	6.3932	6.4558	360	0.5641	0.9402	0.7521	0.7521
60	6.0171	5.6410	6.0171	5.8917	380	0.3761	0.7521	0.5641	0.5641
80	5.6410	5.2650	5.6410	5.5157	400	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
100	5.2650	4.8889	5.2650	5.1396	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	4.8889	4.5128	4.8889	4.7635	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	4.5128	4.1368	4.5128	4.3875	460	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
160	4.3248	3.7607	4.1368	4.0741	480	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
180	3.9487	3.5726	3.7607	3.7607	500	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
200	3.7607	3.1966	3.5726	3.5100	520	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
220	3.3846	3.0085	3.1966	3.1966	540	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
240	3.0085	2.6325	3.0085	2.8832	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.2564	2.4444	2.6325	2.4444	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	2.2564	2.2564	2.1311	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.5043	1.8803	2.0684	1.8177					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 113: Caja 23 cm x 23 cm a 25 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

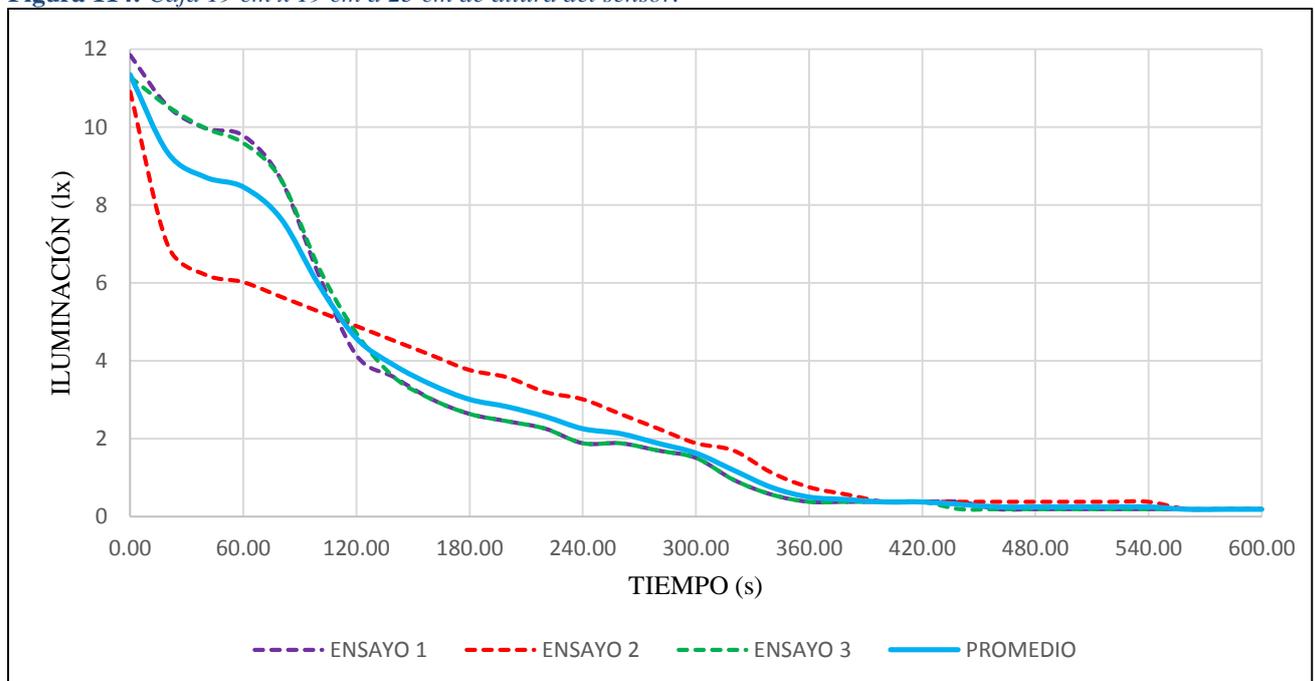
- Dimensión de la caja (19 cm x 19 cm) y altura del sensor (25 cm)

Tabla 102: Caja 19 cm x 19 cm a 25 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	11.8462	10.9060	11.2821	11.3447	320	0.9402	1.6923	0.9402	1.1909
20	10.5299	6.9573	10.5299	9.3390	340	0.5641	1.1282	0.5641	0.7521
40	9.9658	6.2051	9.9658	8.7123	360	0.3761	0.7521	0.3761	0.5014
60	9.7778	6.0171	9.5897	8.4615	380	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
80	8.6496	5.6410	8.6496	7.6467	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	6.2051	5.2650	6.3932	5.9544	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	4.1368	4.8889	4.7009	4.5755	440	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
140	3.5726	4.5128	3.5726	3.8860	460	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
160	3.0085	4.1368	3.0085	3.3846	480	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
180	2.6325	3.7607	2.6325	3.0085	500	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
200	2.4444	3.5726	2.4444	2.8205	520	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
220	2.2564	3.1966	2.2564	2.5698	540	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
240	1.8803	3.0085	1.8803	2.2564	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.8803	2.6325	1.8803	2.1311	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.6923	2.2564	1.6923	1.8803	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.5043	1.8803	1.5043	1.6296					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 114: Caja 19 cm x 19 cm a 25 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

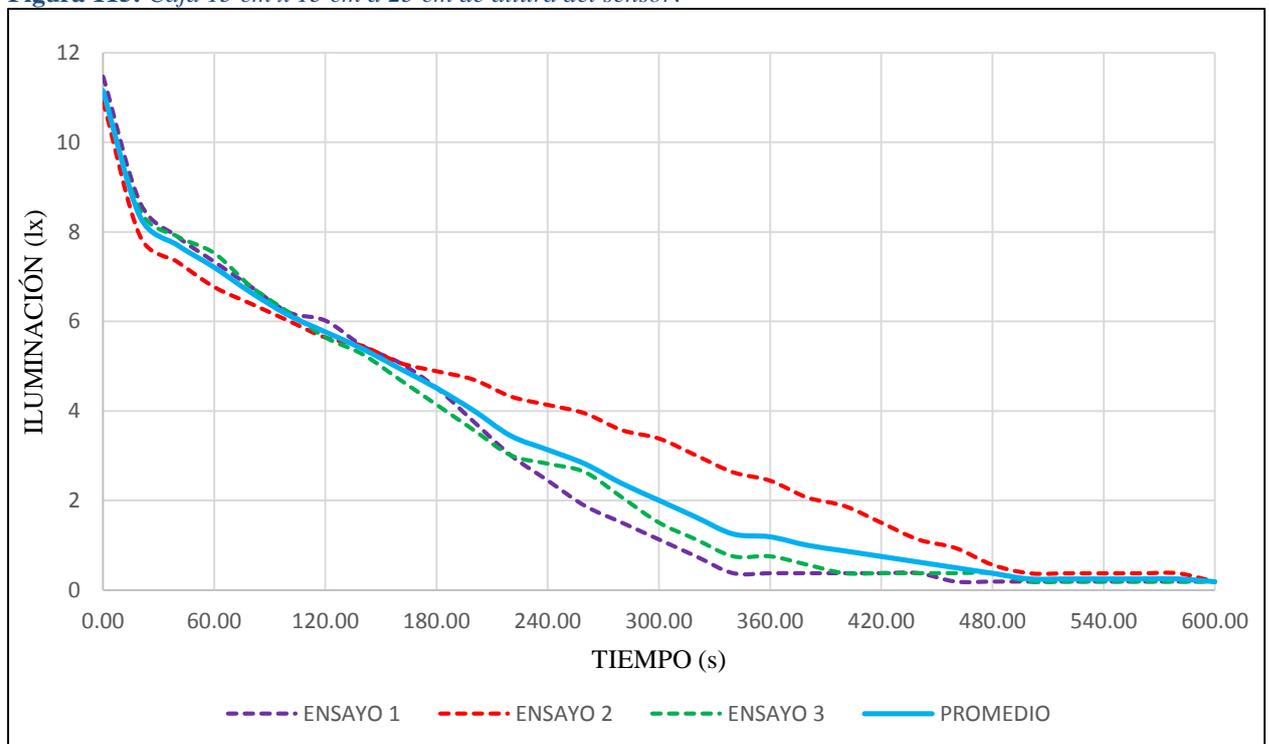
- Dimensión de la caja (15 cm x 15 cm) y altura del sensor (25 cm)

Tabla 103: Caja 15 cm x 15 cm a 25 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	11.4701	10.9060	11.0940	11.1567	320	0.7521	3.0085	1.1282	1.6296
20	8.6496	7.8974	8.4615	8.3362	340	0.3761	2.6325	0.7521	1.2536
40	7.8974	7.3333	7.8974	7.7094	360	0.3761	2.4444	0.7521	1.1909
60	7.3333	6.7692	7.5214	7.2080	380	0.3761	2.0684	0.5641	1.0028
80	6.7692	6.3932	6.7692	6.6439	400	0.3761	1.8803	0.3761	0.8775
100	6.2051	6.0171	6.2051	6.1425	420	0.3761	1.5043	0.3761	0.7521
120	6.0171	5.6410	5.6410	5.7664	440	0.3761	1.1282	0.3761	0.6268
140	5.4530	5.4530	5.2650	5.3903	460	0.1880	0.9402	0.3761	0.5014
160	5.0769	5.0769	4.7009	4.9516	480	0.1880	0.5641	0.3761	0.3761
180	4.5128	4.8889	4.1368	4.5128	500	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
200	3.7607	4.7009	3.5726	4.0114	520	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
220	3.0085	4.3248	3.0085	3.4473	540	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
240	2.4444	4.1368	2.8205	3.1339	560	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
260	1.8803	3.9487	2.6325	2.8205	580	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
280	1.5043	3.5726	2.0684	2.3818	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.1282	3.3846	1.5043	2.0057					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 115: Caja 15 cm x 15 cm a 25 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

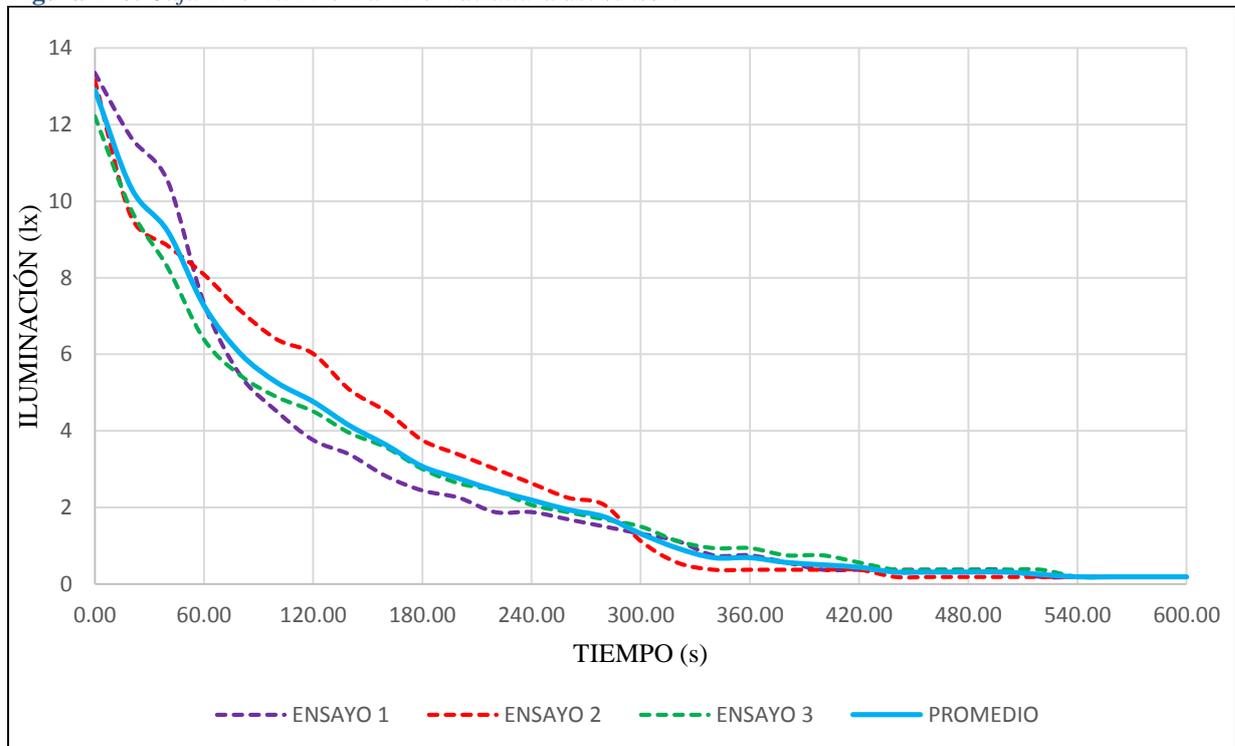
- Dimensión de la caja (23 cm x 23 cm) y altura del sensor (20 cm)

Tabla 104: Caja 23 cm x 23 cm a 20 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.3504	13.1624	12.2222	12.9117	320	1.1282	0.5641	1.1282	0.9402
20	11.6581	9.5897	9.7778	10.3419	340	0.7521	0.3761	0.9402	0.6895
40	10.5299	8.8376	8.2735	9.2137	360	0.7521	0.3761	0.9402	0.6895
60	7.3333	8.0855	6.3932	7.2707	380	0.5641	0.3761	0.7521	0.5641
80	5.4530	7.1453	5.4530	6.0171	400	0.3761	0.3761	0.7521	0.5014
100	4.5128	6.3932	4.8889	5.2650	420	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
120	3.7607	6.0171	4.5128	4.7635	440	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
140	3.3846	5.0769	3.9487	4.1368	460	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
160	2.8205	4.5128	3.5726	3.6353	480	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
180	2.4444	3.7607	3.0085	3.0712	500	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
200	2.2564	3.3846	2.6325	2.7578	520	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
220	1.8803	3.0085	2.4444	2.4444	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.8803	2.6325	2.0684	2.1937	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.6923	2.2564	1.8803	1.9430	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.5043	2.0684	1.6923	1.7550	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.3162	1.1282	1.5043	1.3162					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 116: Caja 23 cm x 23 cm a 20 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

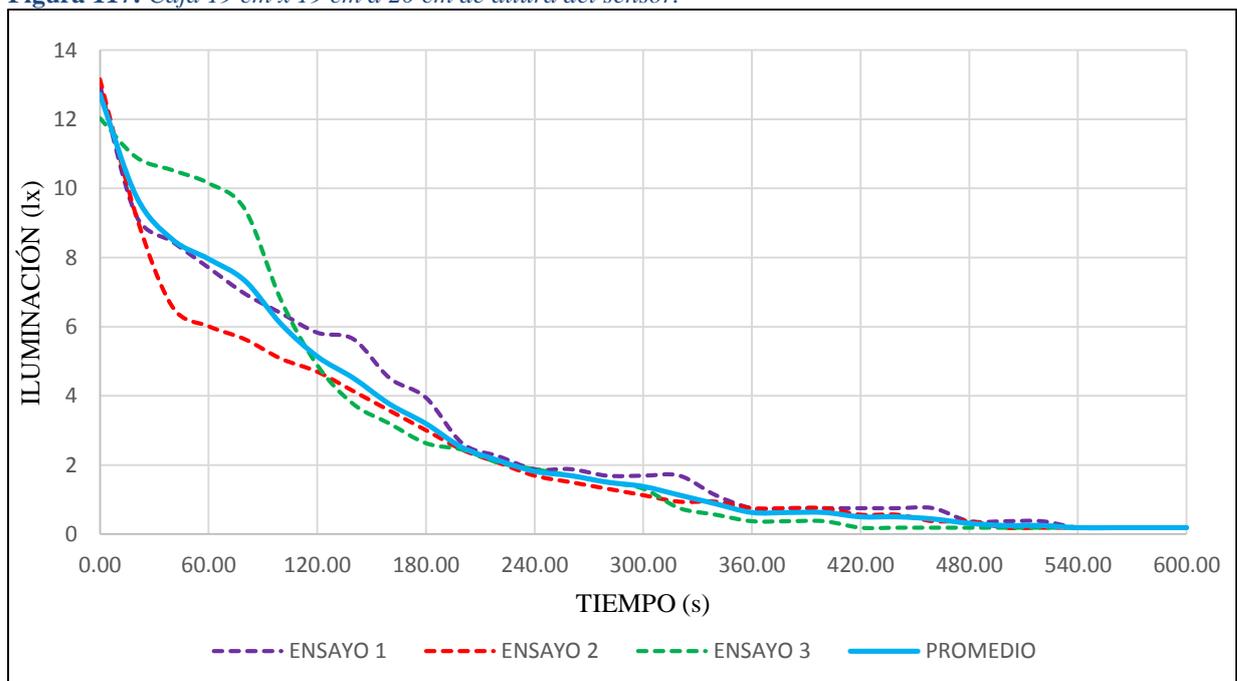
- Dimensión de la caja (19 cm x 19 cm) y altura del sensor (20 cm)

Tabla 105: Caja 19 cm x 19 cm a 20 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.9744	13.1624	12.0342	12.7236	320	1.6923	0.9402	0.7521	1.1282
20	9.2137	9.2137	10.9060	9.7778	340	1.1282	0.9402	0.5641	0.8775
40	8.4615	6.5812	10.5299	8.5242	360	0.7521	0.7521	0.3761	0.6268
60	7.7094	6.0171	10.1539	7.9601	380	0.7521	0.7521	0.3761	0.6268
80	6.9573	5.6410	9.4017	7.3333	400	0.7521	0.7521	0.3761	0.6268
100	6.3932	5.0769	6.7692	6.0798	420	0.7521	0.5641	0.1880	0.5014
120	5.8291	4.7009	4.8889	5.1396	440	0.7521	0.5641	0.1880	0.5014
140	5.6410	4.1368	3.7607	4.5128	460	0.7521	0.3761	0.1880	0.4387
160	4.5128	3.5727	3.1966	3.7607	480	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
180	3.9487	3.0085	2.6325	3.1966	500	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
200	2.6325	2.4444	2.4444	2.5071	520	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
220	2.2564	2.0684	2.0684	2.1311	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.8803	1.6923	1.8803	1.8177	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.8803	1.5043	1.6923	1.6923	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.6923	1.3162	1.5043	1.5043	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.6923	1.1282	1.3162	1.3789					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 117: Caja 19 cm x 19 cm a 20 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

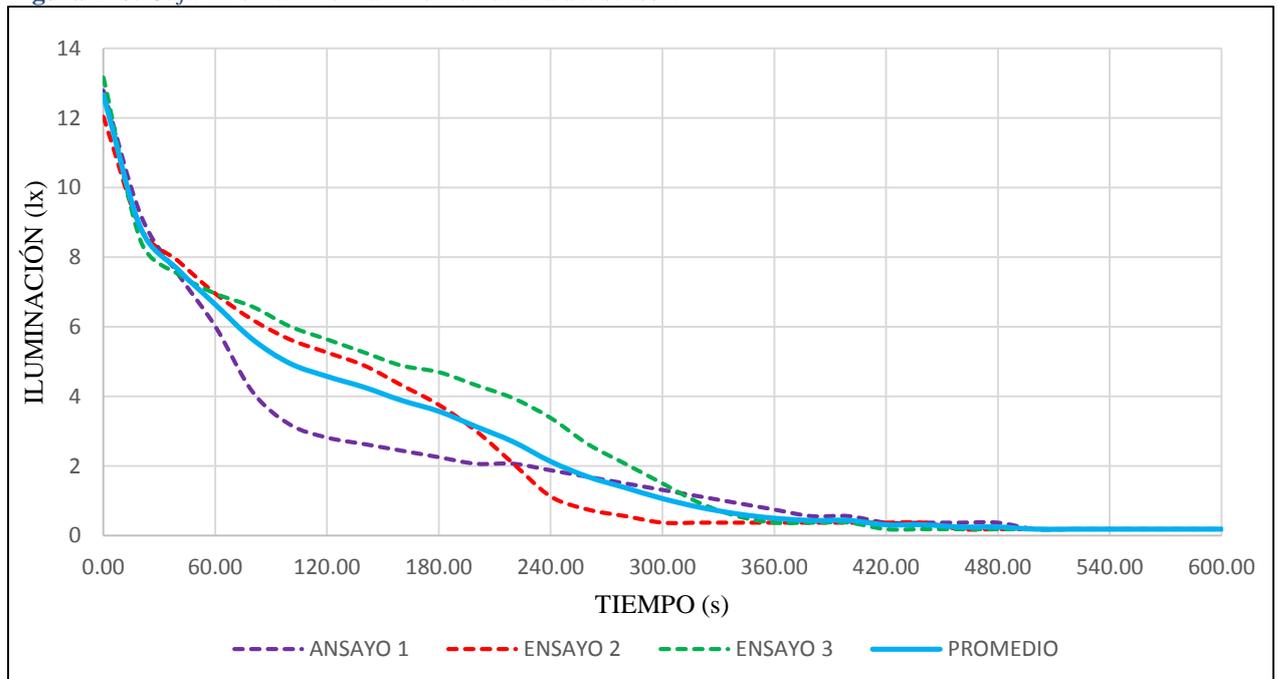
- Dimensión de la caja (15 cm x 15 cm) y altura del sensor (20 cm)

Tabla 106: Caja 15 cm x 15 cm a 20 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.7863	12.0342	13.1624	12.6610	320	1.1282	0.3761	0.9402	0.8148
20	9.2137	8.8376	8.4615	8.8376	340	0.9402	0.3761	0.5641	0.6268
40	7.5214	7.8974	7.5214	7.6467	360	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
60	6.0171	6.9573	6.9573	6.6439	380	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
80	4.1368	6.2051	6.5812	5.6410	400	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
100	3.1966	5.6410	6.0171	4.9516	420	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
120	2.8205	5.2650	5.6410	4.5755	440	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
140	2.6325	4.8889	5.2650	4.2621	460	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
160	2.4444	4.3248	4.8889	3.8860	480	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
180	2.2564	3.7607	4.7009	3.5726	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.0684	3.0085	4.3248	3.1339	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.0684	2.0684	3.9487	2.6952	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.8803	1.1282	3.3846	2.1311	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.6923	0.7521	2.6325	1.6923	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.5043	0.5641	2.0684	1.3789	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.3162	0.3761	1.5043	1.0655					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 118: Caja 15 cm x 15 cm a 20 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

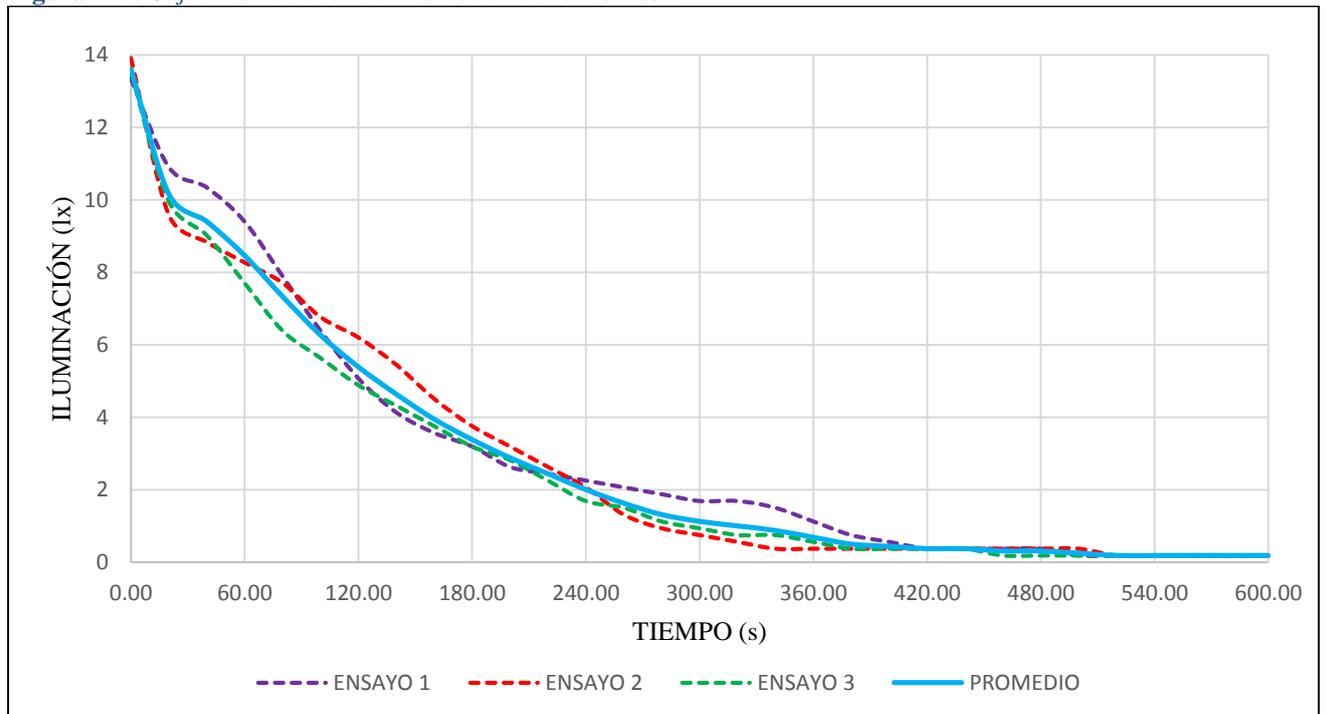
- Dimensión de la caja (23 cm x 23 cm) y altura del sensor (15 cm)

Tabla 107: Caja 23 cm x 23 cm a 15 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.3504	13.9145	13.5385	13.6011	320	1.6923	0.5641	0.7521	1.0028
20	10.9060	9.5897	9.9658	10.1538	340	1.5043	0.3761	0.7521	0.8775
40	10.3419	8.8376	9.0256	9.4017	360	1.1282	0.3761	0.5641	0.6895
60	9.4017	8.2735	7.7094	8.4615	380	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
80	7.8974	7.7094	6.3932	7.3333	400	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
100	6.3932	6.7692	5.6410	6.2678	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	5.0769	6.2051	4.8889	5.3903	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	4.1368	5.4530	4.3248	4.6382	460	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
160	3.5727	4.5128	3.7607	3.9487	480	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
180	3.1966	3.7607	3.1966	3.3846	500	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
200	2.6325	3.1966	2.8205	2.8832	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.4444	2.6325	2.2564	2.4444	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.2564	2.0684	1.6923	2.0057	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.0684	1.3162	1.5043	1.6296	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	0.9402	1.1282	1.3162	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.6923	0.7521	0.9402	1.1282					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 119: Caja 23 cm x 23 cm a 15 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

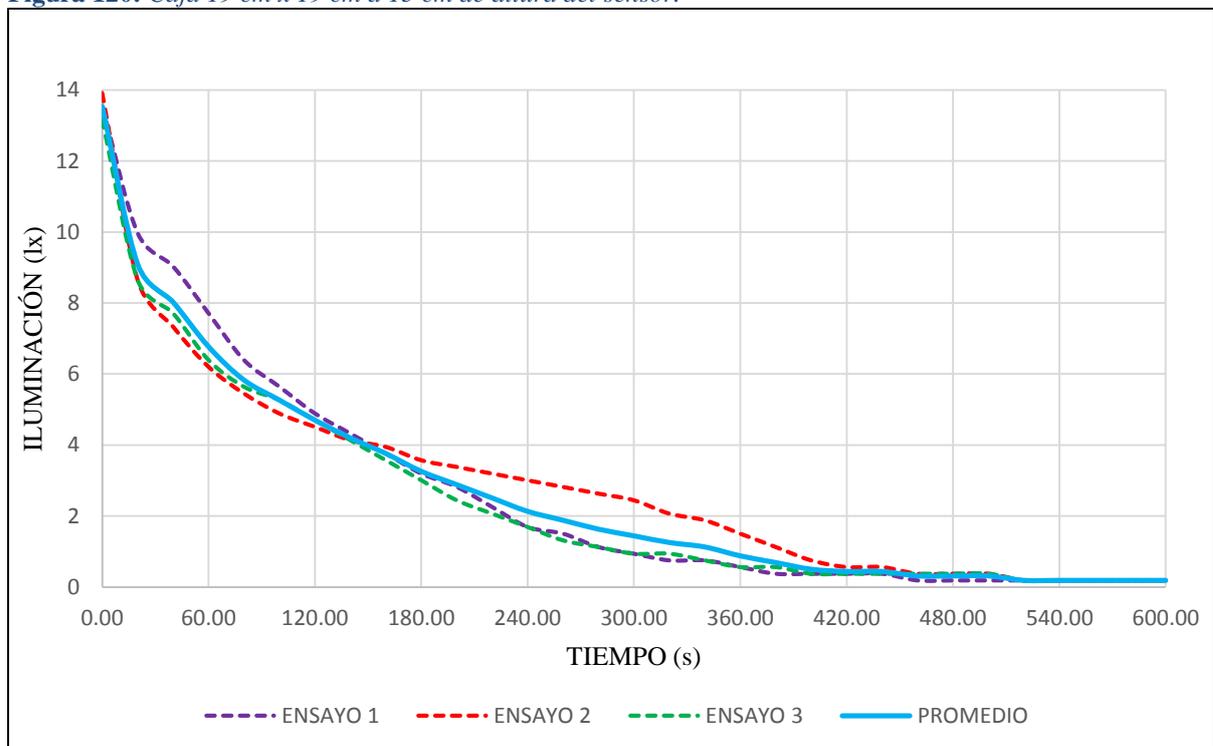
- Dimensión de la caja (19 cm x 19 cm) y altura del sensor (15 cm)

Tabla 108: Caja 19 cm x 19 cm a 15 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.5385	13.9145	13.1624	13.5385	320	0.7521	2.0684	0.9402	1.2536
20	9.9658	8.6496	8.6496	9.0883	340	0.7521	1.8803	0.7521	1.1282
40	9.0256	7.3333	7.7094	8.0228	360	0.5641	1.5043	0.5641	0.8775
60	7.7094	6.2051	6.3932	6.7692	380	0.3761	1.1282	0.5641	0.6895
80	6.3932	5.4530	5.6410	5.8291	400	0.3761	0.7521	0.3761	0.5014
100	5.6410	4.8889	5.2650	5.2650	420	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
120	4.8889	4.5128	4.7009	4.7009	440	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
140	4.3248	4.1368	4.1368	4.1994	460	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
160	3.7607	3.9487	3.5726	3.7607	480	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
180	3.1966	3.5726	3.0085	3.2593	500	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
200	2.8205	3.3846	2.4444	2.8832	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.2564	3.1966	2.0684	2.5071	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.6923	3.0085	1.6923	2.1311	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.5043	2.8205	1.3162	1.8803	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.1282	2.6325	1.1282	1.6296	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.9402	2.4444	0.9402	1.4416					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 120: Caja 19 cm x 19 cm a 15 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

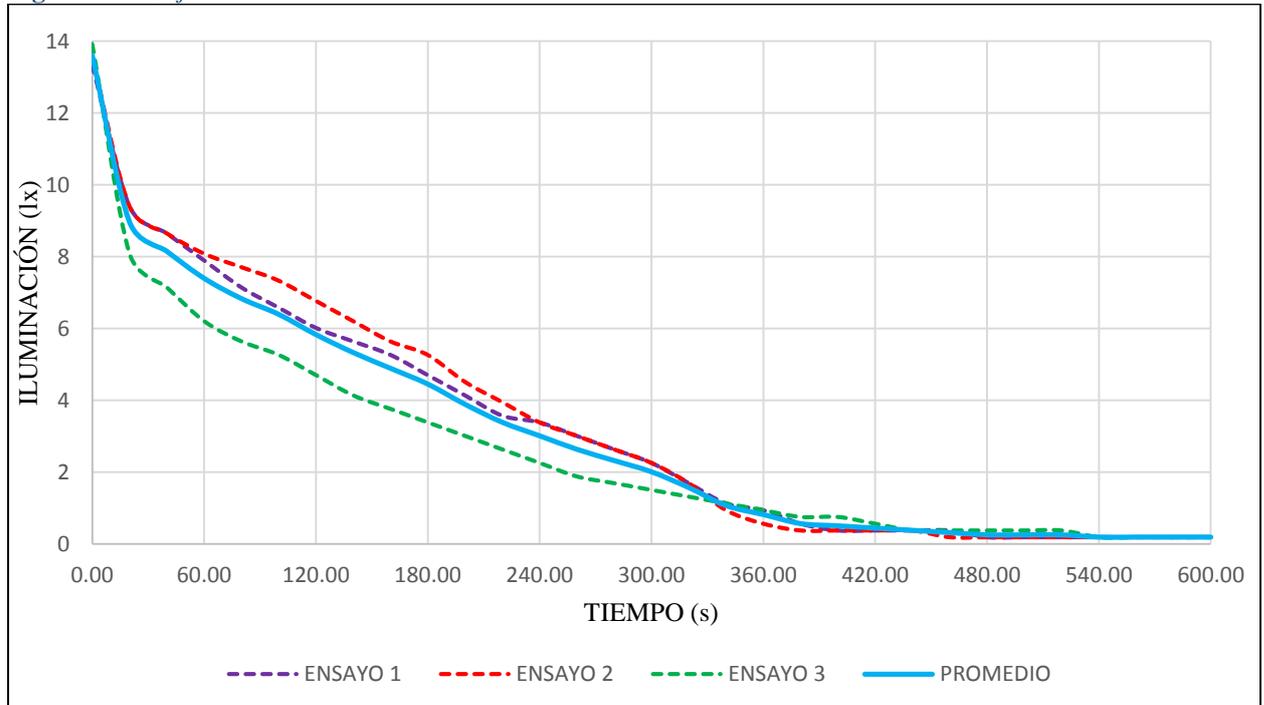
- Dimensión de la caja (15 cm x 15 cm) y altura del sensor (15 cm)

Tabla 109: Caja 15 cm x 15 cm a 15 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.3504	13.5385	13.9145	13.6011	320	1.6923	1.6923	1.3162	1.5670
20	9.4017	9.4017	8.0855	8.9630	340	1.1282	0.9402	1.1282	1.0655
40	8.6496	8.6496	7.1453	8.1481	360	0.9402	0.5641	0.9402	0.8148
60	7.8974	8.0855	6.2051	7.3960	380	0.5641	0.3761	0.7521	0.5641
80	7.1453	7.7094	5.6410	6.8319	400	0.3761	0.3761	0.7521	0.5014
100	6.5812	7.3333	5.2650	6.3932	420	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
120	6.0171	6.7692	4.7009	5.8291	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	5.6410	6.2051	4.1368	5.3276	460	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
160	5.2650	5.6410	3.7607	4.8889	480	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
180	4.7009	5.2650	3.3846	4.4501	500	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
200	4.1368	4.5128	3.0085	3.8860	520	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
220	3.5726	3.9487	2.6325	3.3846	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.3846	3.3846	2.2564	3.0085	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	3.0085	3.0085	1.8803	2.6325	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.6325	2.6325	1.6923	2.3191	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	2.2564	2.2564	1.5043	2.0057					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 121: Caja 15 cm x 15 cm a 15 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

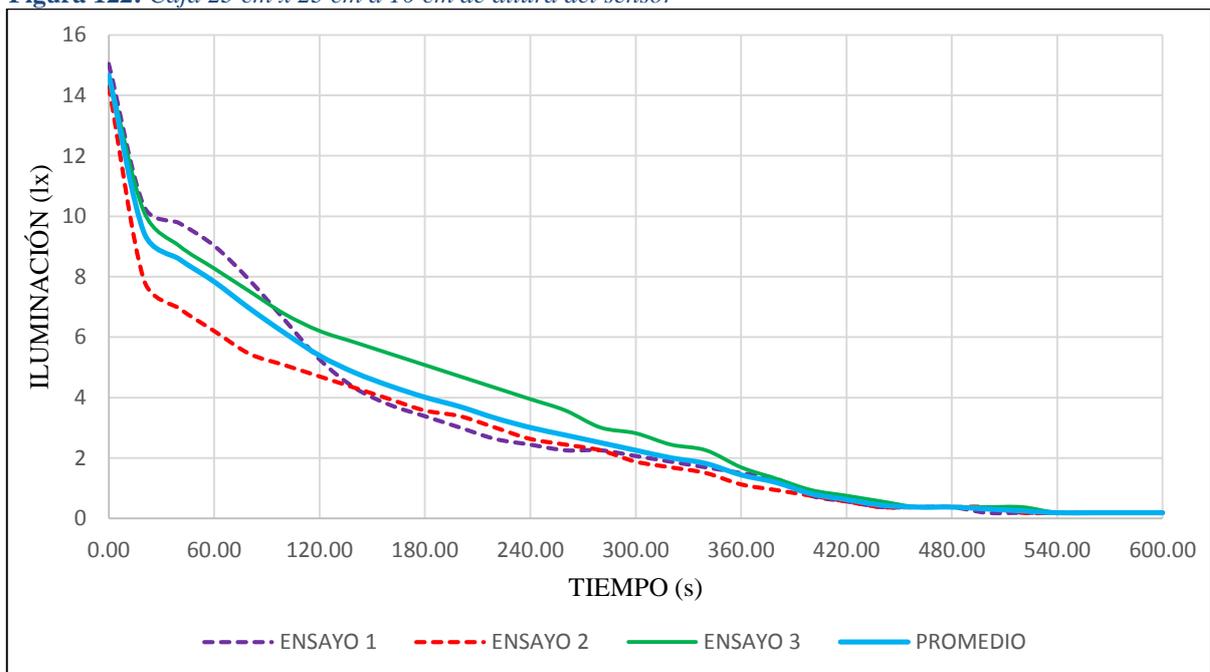
- Dimensión de la caja (23 cm x 23 cm) y altura del sensor (10 cm)

Tabla 110: Caja 23 cm x 23 cm a 10 cm de altura del sensor

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	15.0427	14.2906	14.6667	14.6667	320	1.8803	1.6923	2.4444	2.0057
20	10.3419	7.8974	10.1538	9.4644	340	1.6923	1.5043	2.2564	1.8177
40	9.7778	6.9573	9.0256	8.5869	360	1.5043	1.1282	1.6923	1.4416
60	9.0256	6.2051	8.2735	7.8348	380	1.3162	0.9402	1.3162	1.1909
80	7.8974	5.4530	7.5214	6.9573	400	0.7521	0.7521	0.9402	0.8148
100	6.5812	5.0769	6.7692	6.1425	420	0.5641	0.5641	0.7521	0.6268
120	5.2650	4.7009	6.2051	5.3903	440	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
140	4.3248	4.3248	5.8291	4.8262	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	3.7607	3.9487	5.4530	4.3875	480	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
180	3.3846	3.5726	5.0769	4.0114	500	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
200	3.0085	3.3846	4.7009	3.6980	520	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
220	2.6325	3.0085	4.3248	3.3219	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.4444	2.6325	3.9487	3.0085	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.2564	2.4444	3.5726	2.7578	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.2564	2.2564	3.0085	2.5071	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	2.0684	1.8803	2.8205	2.2564					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 122: Caja 23 cm x 23 cm a 10 cm de altura del sensor



Fuente: Elaboración propia, 2018

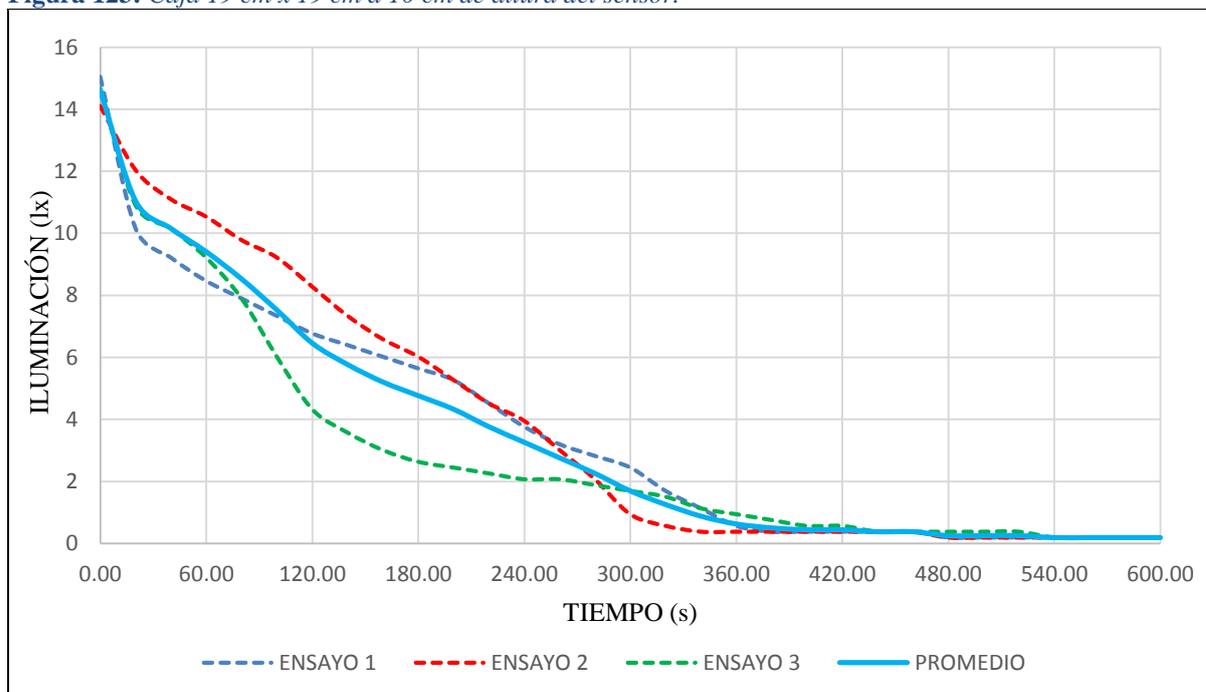
- Dimensión de la caja (19 cm x 19 cm) y altura del sensor (10 cm)

Tabla 111: Caja 19 cm x 19 cm a 10 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	15.0427	14.1026	14.6667	14.6040	320	1.6923	0.5641	1.5043	1.2536
20	10.1538	12.0342	10.9060	11.0313	340	1.1282	0.3761	1.1282	0.8775
40	9.2137	11.0940	10.1538	10.1538	360	0.5641	0.3761	0.9402	0.6268
60	8.4615	10.5299	9.2137	9.4017	380	0.3761	0.3761	0.7521	0.5014
80	7.8974	9.7778	7.8974	8.5242	400	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
100	7.3333	9.2137	6.0171	7.5214	420	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
120	6.7692	8.2735	4.3248	6.4558	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	6.3932	7.3333	3.5726	5.7664	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	6.0171	6.5812	3.0085	5.2023	480	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
180	5.6410	6.0171	2.6325	4.7635	500	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
200	5.2650	5.2650	2.4444	4.3248	520	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
220	4.5128	4.5128	2.2564	3.7607	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.7607	3.9487	2.0684	3.2593	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	3.1966	3.0085	2.0684	2.7578	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.8205	2.0684	1.8803	2.2564	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	2.4444	0.9402	1.6923	1.6923					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 123: Caja 19 cm x 19 cm a 10 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

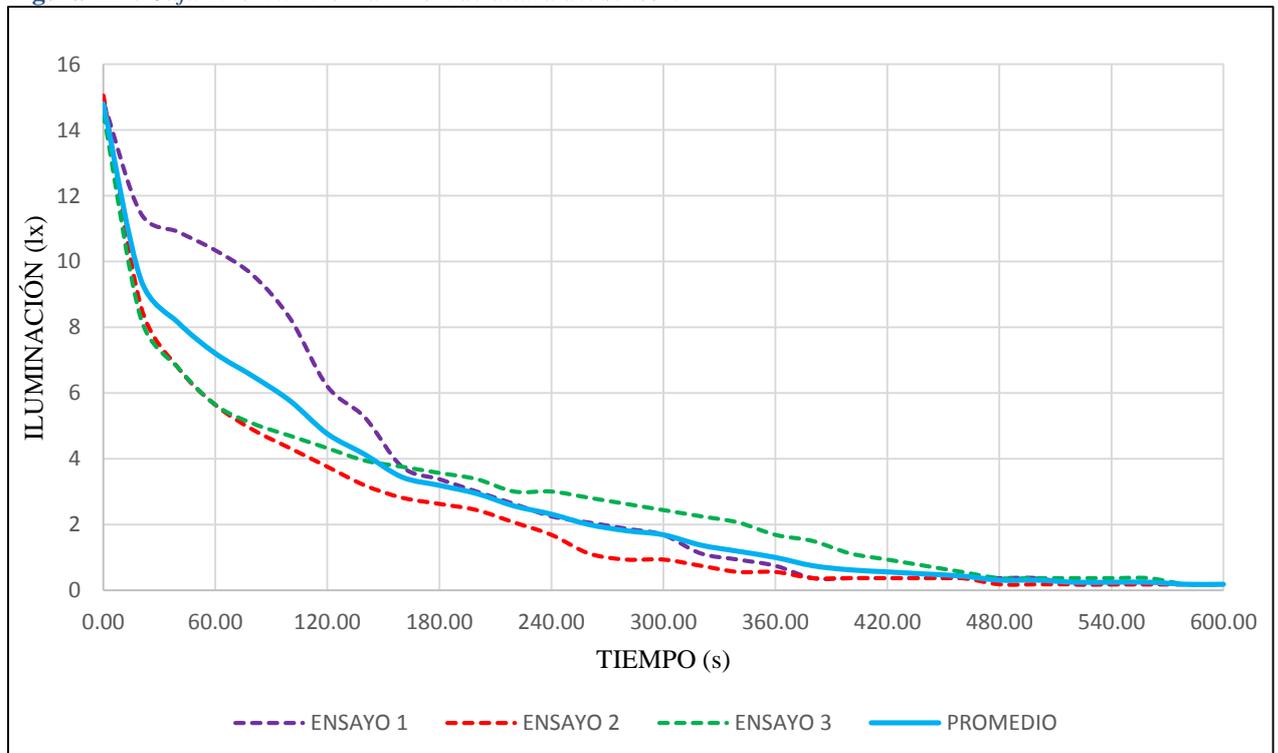
- Dimensión de la caja (15 cm x 15 cm) y altura del sensor (10 cm)

Tabla 112: Caja 15 cm x 15 cm a 10 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	14.8547	15.0427	14.4786	14.7920	320	1.1282	0.7521	2.2564	1.3789
20	11.4701	8.6496	8.2735	9.4644	340	0.9402	0.5641	2.0684	1.1909
40	10.9060	6.7692	6.7692	8.1481	360	0.7521	0.5641	1.6923	1.0028
60	10.3419	5.6410	5.6410	7.2080	380	0.3761	0.3761	1.5043	0.7521
80	9.5897	4.8889	5.0769	6.5185	400	0.3761	0.3761	1.1282	0.6268
100	8.2735	4.3248	4.7009	5.7664	420	0.3761	0.3761	0.9402	0.5641
120	6.2051	3.7607	4.3248	4.7635	440	0.3761	0.3761	0.7521	0.5014
140	5.2650	3.1966	3.9487	4.1368	460	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
160	3.7607	2.8205	3.7607	3.4473	480	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
180	3.3846	2.6325	3.5726	3.1966	500	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
200	3.0085	2.4444	3.3846	2.9459	520	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
220	2.6325	2.0684	3.0085	2.5698	540	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
240	2.2564	1.6923	3.0085	2.3191	560	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
260	2.0684	1.1282	2.8205	2.0057	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	0.9402	2.6325	1.8177	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.6923	0.9402	2.4444	1.6923					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 124: Caja 15 cm x 15 cm a 10 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

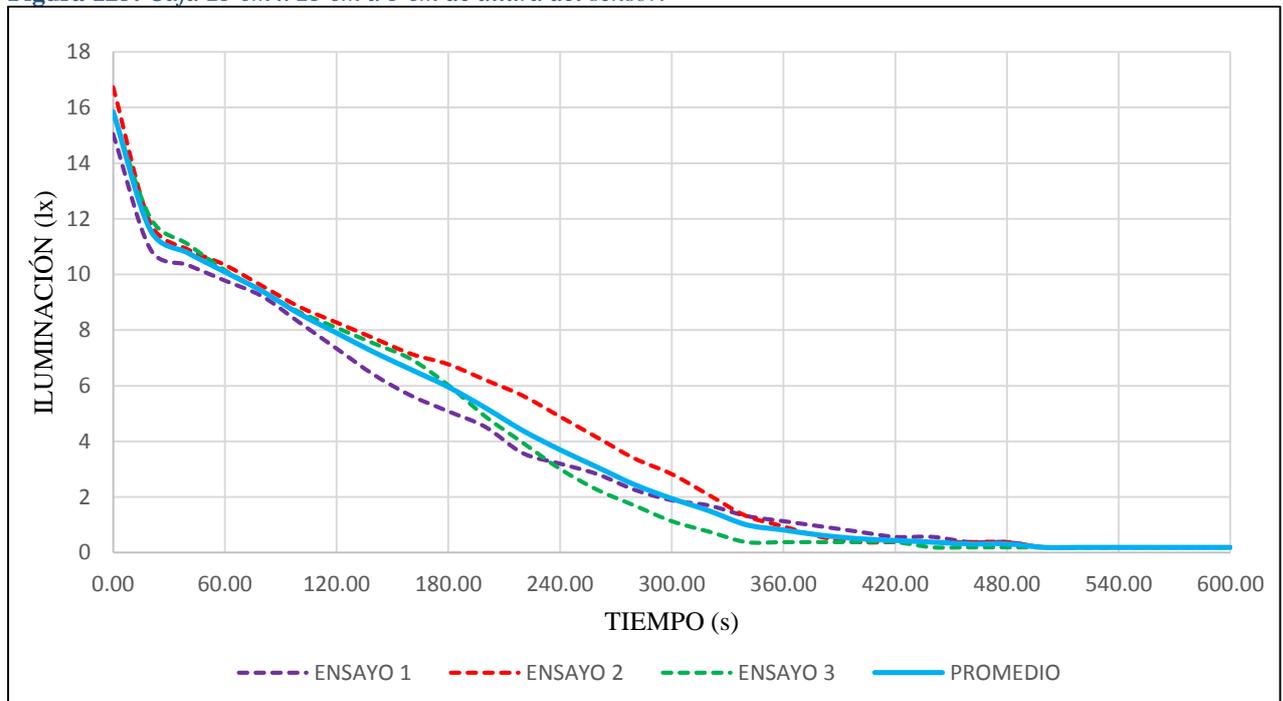
- Dimensión de la caja (23 cm x 23 cm) y altura del sensor (5 cm)

Tabla 113: Caja 23 cm x 23 cm a 5 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	15.0427	16.7350	15.7949	15.8575	320	1.6923	2.0684	0.7521	1.5043
20	10.9060	11.8462	12.0342	11.5954	340	1.3162	1.3162	0.3761	1.0028
40	10.3419	10.9060	11.0940	10.7806	360	1.1282	0.9402	0.3761	0.8148
60	9.7778	10.3419	10.1538	10.0912	380	0.9402	0.5641	0.3761	0.6268
80	9.2137	9.5897	9.4017	9.4017	400	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
100	8.2735	8.8376	8.6496	8.5869	420	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
120	7.3333	8.2735	8.0855	7.8974	440	0.5641	0.3761	0.1880	0.3761
140	6.3932	7.7094	7.5214	7.2080	460	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
160	5.6410	7.1453	6.9573	6.5812	480	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
180	5.0769	6.7692	6.0171	5.9544	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	4.5128	6.2051	4.8889	5.2023	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.5726	5.6410	3.9487	4.3875	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.1966	4.8889	3.0085	3.6980	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.8205	4.1368	2.2564	3.0712	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.2564	3.3846	1.6923	2.4444	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.8803	2.8205	1.1282	1.9430					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 125: Caja 23 cm x 23 cm a 5 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

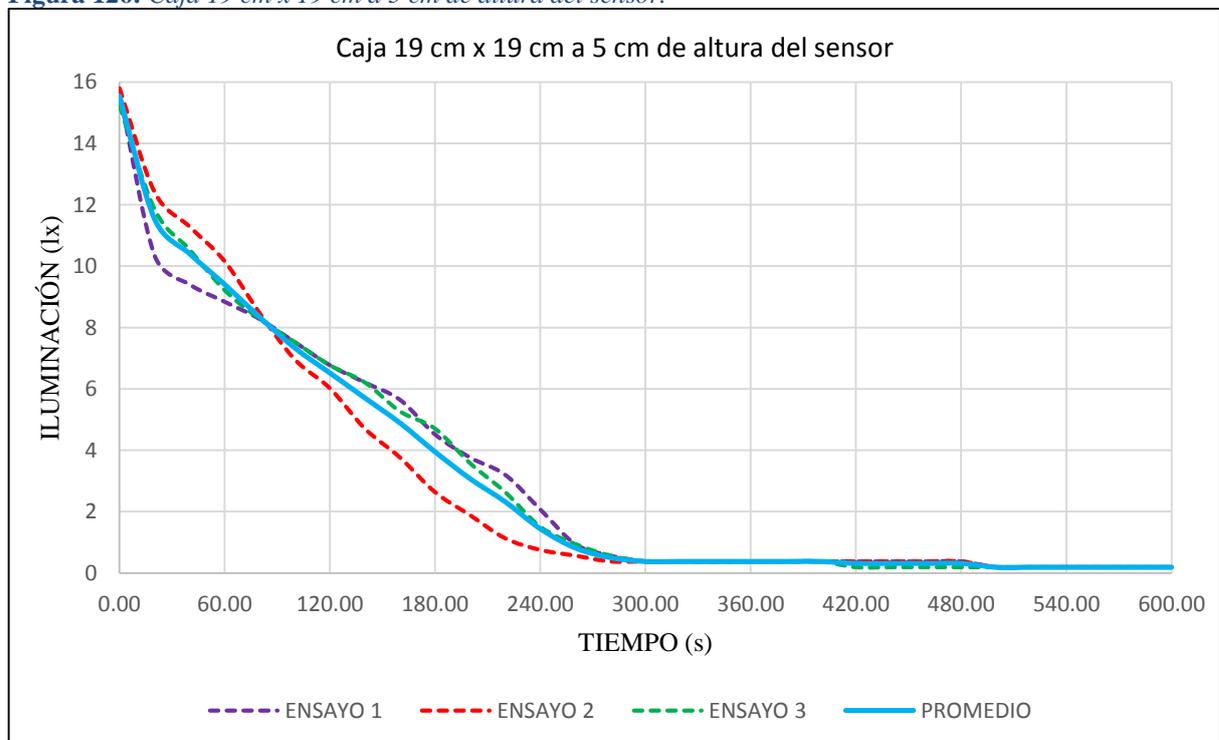
- Dimensión de la caja (19 cm x 19 cm) y altura del sensor (5 cm)

Tabla 114: Caja 19 cm x 19 cm a 5 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	15.6068	15.7949	15.2308	15.5442	320	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
20	10.3419	12.4103	11.8462	11.5328	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	9.4017	11.2821	10.5299	10.4046	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	8.8376	10.1538	9.2137	9.4017	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	8.2735	8.4615	8.2735	8.3362	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	7.5214	6.9573	7.5214	7.3333	420	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
120	6.7692	6.0171	6.7692	6.5185	440	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
140	6.2051	4.7009	6.2051	5.7037	460	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
160	5.6410	3.7607	5.2650	4.8889	480	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
180	4.5128	2.6325	4.7009	3.9487	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	3.7607	1.8803	3.5726	3.0712	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.1966	1.1282	2.6325	2.3191	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.0684	0.7521	1.5043	1.4416	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.9402	0.5641	0.9402	0.8148	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.5641	0.3761	0.5641	0.5014	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 126: Caja 19 cm x 19 cm a 5 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

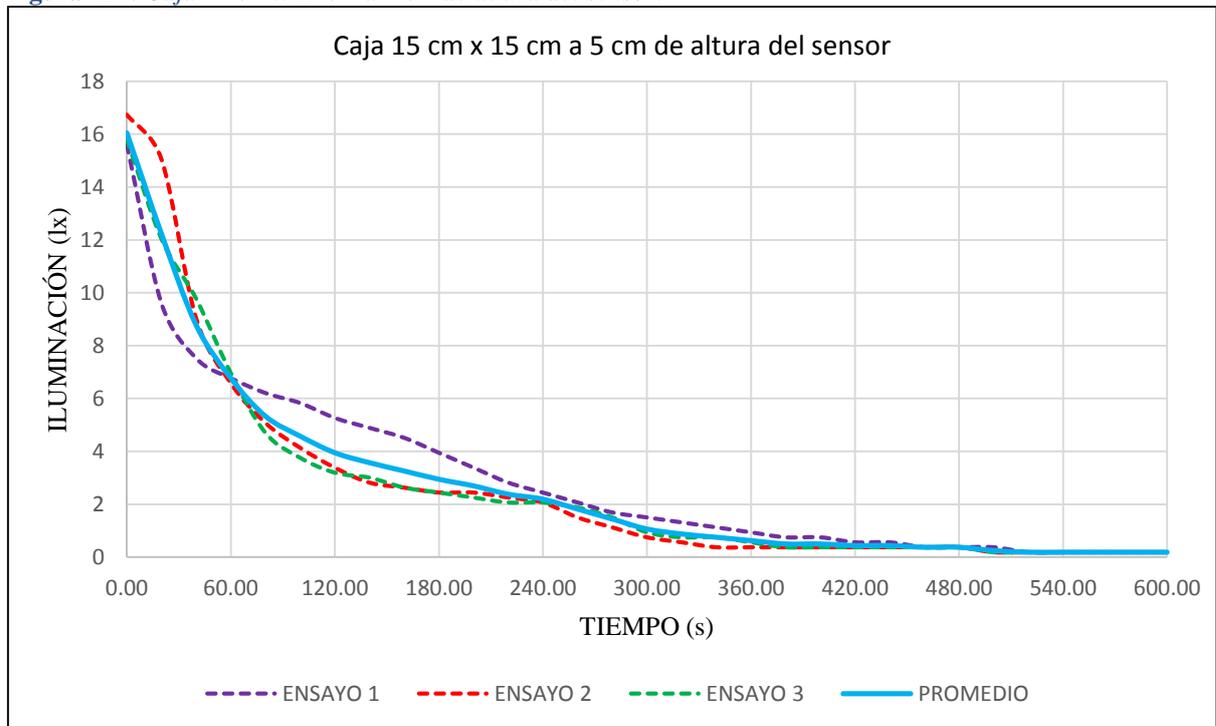
- Dimensión de la caja (15 cm x 15 cm) y altura del sensor (5 cm)

Tabla 115: Caja 15 cm x 15 cm a 5 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	15.6068	16.7350	15.7949	16.0456	320	1.3162	0.5641	0.7521	0.8775
20	9.5897	15.0427	12.0342	12.2222	340	1.1282	0.3761	0.7521	0.7521
40	7.5214	9.0256	9.7778	8.7749	360	0.9402	0.3761	0.5641	0.6268
60	6.7692	6.5812	6.9573	6.7692	380	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
80	6.2051	5.0769	4.7009	5.3276	400	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
100	5.8291	4.1368	3.7607	4.5755	420	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
120	5.2650	3.3846	3.1966	3.9487	440	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
140	4.8889	2.8205	3.0085	3.5726	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	4.5128	2.6325	2.6325	3.2593	480	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
180	3.9487	2.4444	2.4444	2.9459	500	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
200	3.3846	2.4444	2.2564	2.6952	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.8205	2.2564	2.0684	2.3818	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.4444	2.0684	2.0684	2.1937	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.0684	1.5043	1.8803	1.8177	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.6923	1.1282	1.5043	1.4416	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.5043	0.7521	0.9402	1.0655					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 127: Caja 15 cm x 15 cm a 5 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

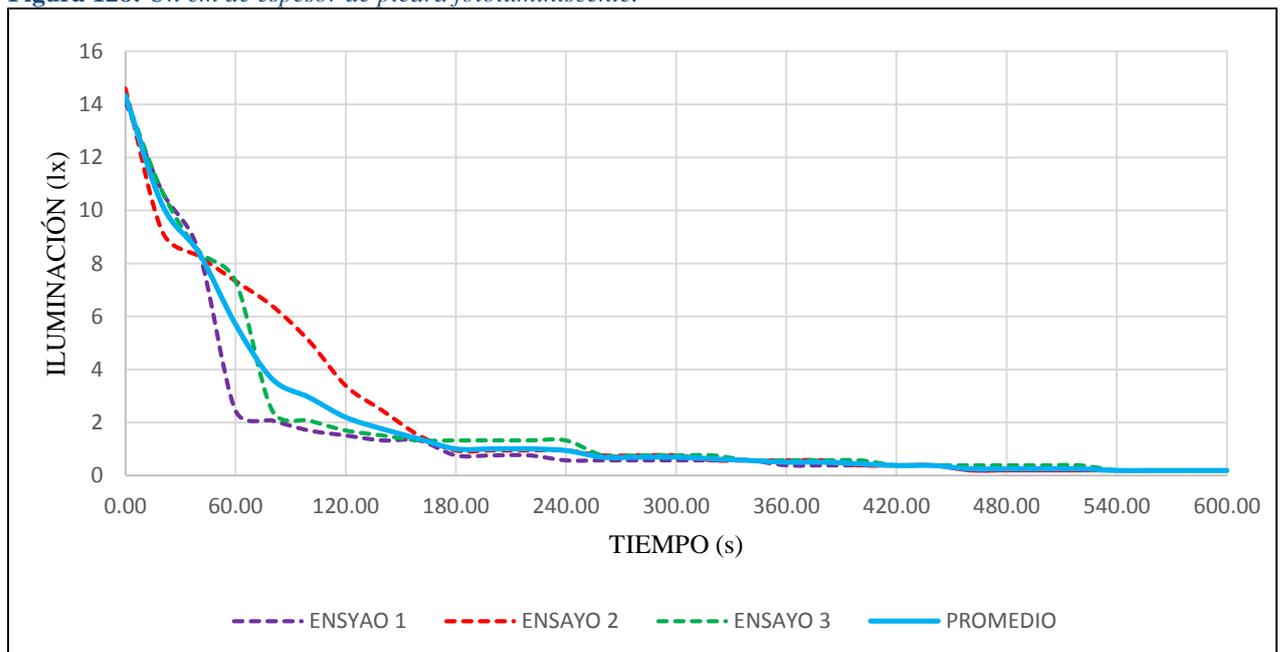
- **Ensayo dentro de caja con recubrimiento de aluminio variando el espesor de la capa de piedra fotoluminiscente**
- **1 cm de espesor de piedra fotoluminiscente**

Tabla 116: *Un cm de espesor de piedra fotoluminiscente.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	14.1026	14.6040	14.2906	14.3324	320	0.5641	0.5641	0.7521	0.6268
20	10.7179	9.2137	10.7179	10.2165	340	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
40	8.4615	8.2735	8.4615	8.3989	360	0.3761	0.5641	0.5641	0.5014
60	2.4444	7.3333	7.3333	5.7037	380	0.3761	0.5641	0.5641	0.5014
80	2.0684	6.3932	2.4444	3.6353	400	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
100	1.6923	5.0769	2.0684	2.9459	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	1.5043	3.3846	1.6923	2.1937	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	1.3162	2.4444	1.5043	1.7550	460	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
160	1.3162	1.5043	1.3162	1.3789	480	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
180	0.7521	0.9402	1.3162	1.0028	500	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
200	0.7521	0.9402	1.3162	1.0028	520	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
220	0.7521	0.9402	1.3162	1.0028	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	0.5641	0.9402	1.3162	0.9402	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.5641	0.7521	0.7521	0.6895	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.5641	0.7521	0.7521	0.6895	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.5641	0.7521	0.7521	0.6895					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 128: *Un cm de espesor de piedra fotoluminiscente.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

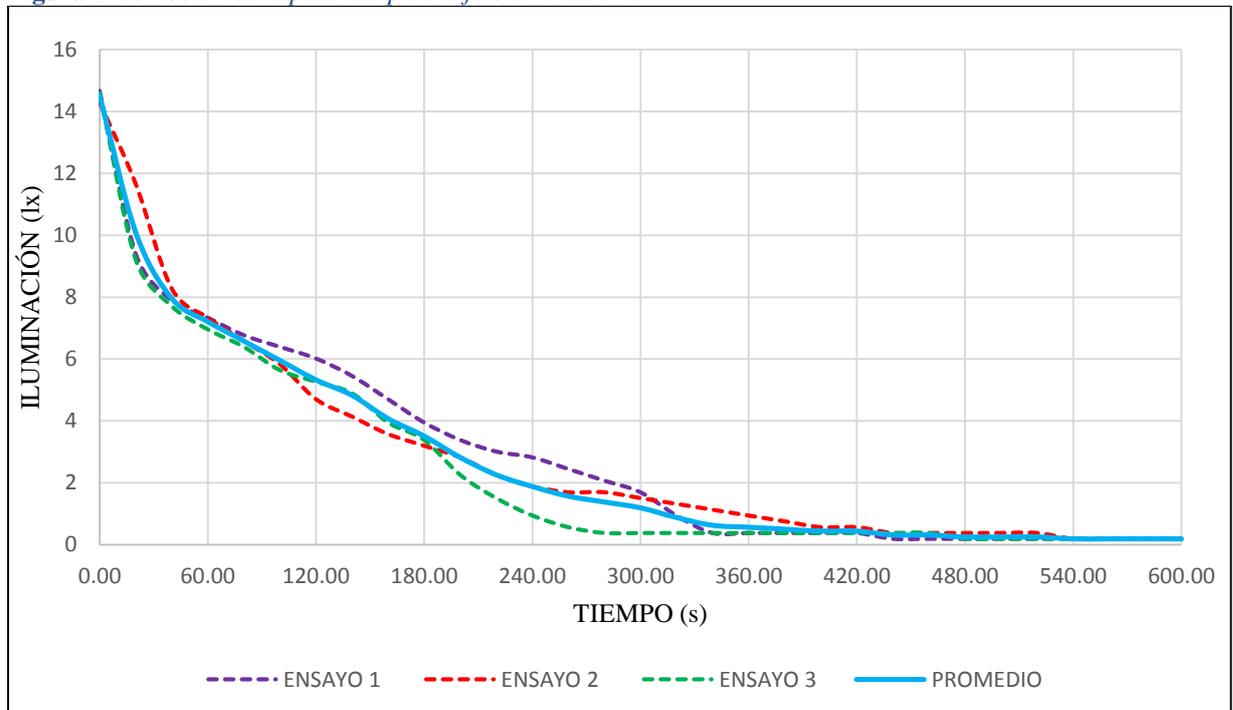
- 2 cm de espesor de piedra fotoluminiscente

Tabla 117: Dos cm de espesor de piedra fotoluminiscente.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	14.6667	14.2906	14.6040	14.5204	320	0.9402	1.3162	0.3761	0.8775
20	9.4017	11.6581	9.2137	10.0912	340	0.3761	1.1282	0.3761	0.6268
40	7.8974	8.2735	7.7094	7.9601	360	0.3761	0.9402	0.3761	0.5641
60	7.3333	7.3333	6.9573	7.2080	380	0.3761	0.7521	0.3761	0.5014
80	6.7692	6.5812	6.3932	6.5812	400	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
100	6.3932	5.8291	5.6410	5.9544	420	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
120	6.0171	4.7009	5.2650	5.3276	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	5.4530	4.1368	4.8889	4.8262	460	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
160	4.7009	3.5726	3.9487	4.0741	480	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
180	3.9487	3.1966	3.3846	3.5100	500	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
200	3.3846	2.8205	2.2564	2.8205	520	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
220	3.0085	2.2564	1.5043	2.2564	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.8205	1.8803	0.9402	1.8803	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.4444	1.6923	0.5641	1.5670	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.0684	1.6923	0.3761	1.3789	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.6923	1.5043	0.3761	1.1909					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 129: Dos cm de espesor de piedra fotoluminiscente.



Fuente: Elaboración propia, 2018

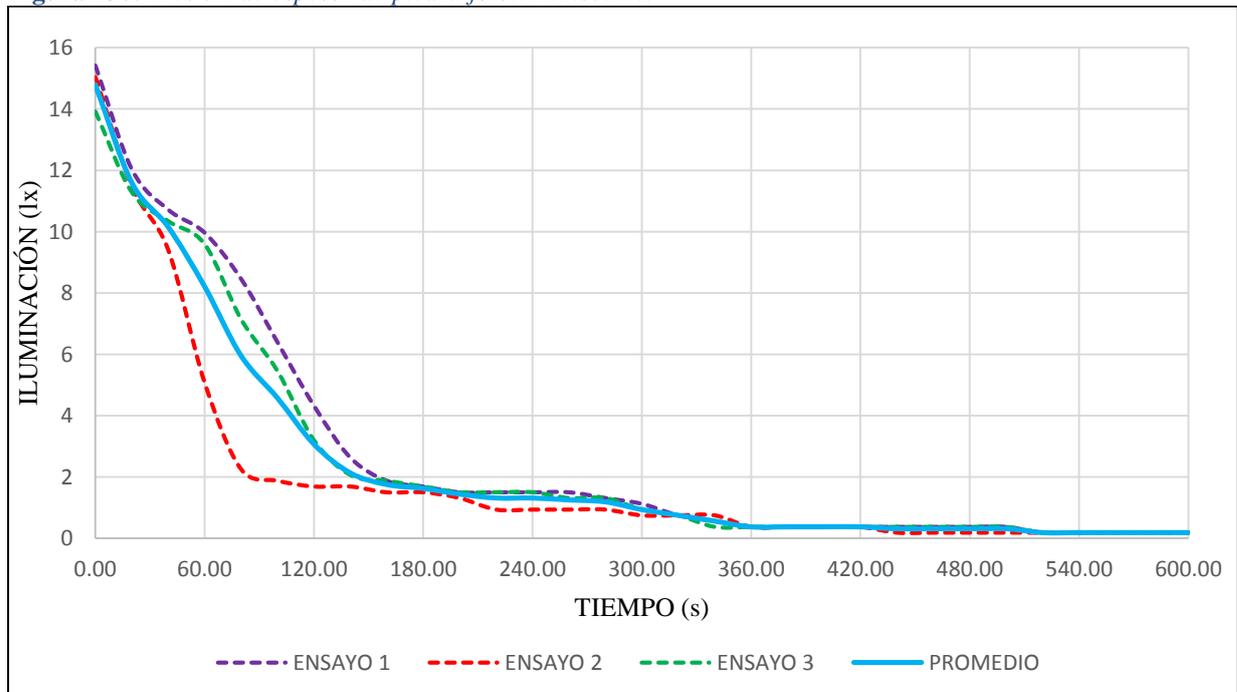
- 3 cm de espesor de piedra fotoluminiscente

Tabla 118: Tres cm de espesor de piedra fotoluminiscente.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	15.4188	15.0427	13.9145	14.7920	320	0.7521	0.7521	0.7521	0.7521
20	12.0342	11.4701	11.2821	11.5954	340	0.5641	0.7521	0.3761	0.5641
40	10.7179	9.4017	10.3419	10.1538	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	9.9658	5.0769	9.5897	8.2108	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	8.4615	2.2564	7.1453	5.9544	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	6.3932	1.8803	5.4530	4.5755	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	4.3248	1.6923	3.1966	3.0712	440	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
140	2.6325	1.6923	2.0684	2.1311	460	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
160	1.8803	1.5043	1.8803	1.7550	480	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
180	1.6923	1.5043	1.6923	1.6296	500	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
200	1.5043	1.3162	1.5043	1.4416	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.5043	0.9402	1.5043	1.3162	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.5043	0.9402	1.5043	1.3162	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.5043	0.9402	1.3162	1.2536	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.3162	0.9402	1.3162	1.1909	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.1282	0.7521	0.9402	0.9402					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 130: Tres cm de espesor de piedra fotoluminiscente.



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Ensayo dentro de caja con recubrimiento de aluminio variando la exposición de luz y los tiempos de carga**

- **Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 20 minutos**

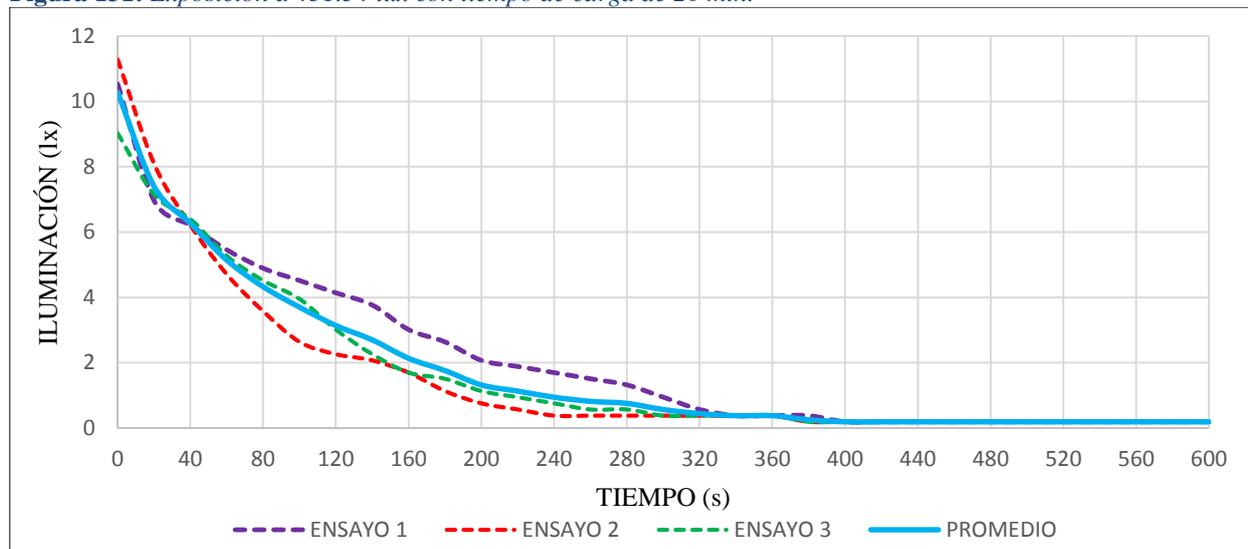
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 451.34 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 119) (ver Figura 131).

Tabla 119: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 20 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	10.5299	11.2821	9.0256	10.2792	320	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
20	6.9573	8.0855	7.1453	7.3960	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	6.2051	6.2051	6.3932	6.2678	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	5.4530	4.7009	5.2650	5.1396	380	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
80	4.8889	3.5726	4.5128	4.3248	400	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
100	4.5128	2.6325	3.9487	3.6980	420	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
120	4.1368	2.2564	3.0085	3.1339	440	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
140	3.7607	2.0684	2.2564	2.6952	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	3.0085	1.6923	1.6923	2.1311	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	2.6325	1.1282	1.5043	1.7550	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.0684	0.7521	1.1282	1.3162	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.8803	0.5641	0.9402	1.1282	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.6923	0.3761	0.7521	0.9402	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.5043	0.3761	0.5641	0.8148	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.3162	0.3761	0.5641	0.7521	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.9402	0.3761	0.3761	0.5641					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 131: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 20 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 minutos**

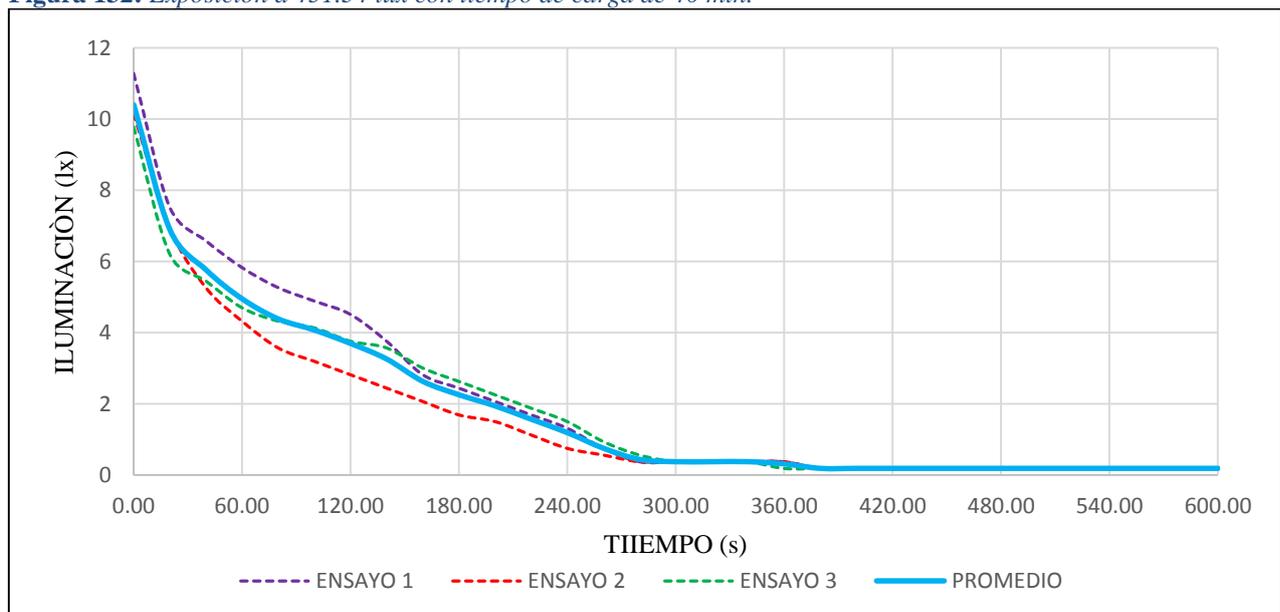
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 451.34 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 120) (ver Figura 132).

Tabla 120: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	11.2821	10.1538	9.7778	10.4046	320	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
20	7.5214	6.9573	6.2051	6.8946	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	6.5812	5.2650	5.4530	5.7664	360	0.3761	0.3761	0.1880	0.3134
60	5.8291	4.3248	4.7009	4.9516	380	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
80	5.2650	3.5726	4.3248	4.3875	400	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
100	4.8889	3.1966	4.1368	4.0741	420	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
120	4.5128	2.8205	3.7607	3.6980	440	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
140	3.7607	2.4444	3.5726	3.2593	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	2.8205	2.0684	3.0085	2.6325	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	2.4444	1.6923	2.6325	2.2564	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.0684	1.5043	2.2564	1.9430	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.6923	1.1282	1.8803	1.5670	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.3162	0.7521	1.5043	1.1909	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.7521	0.5641	0.9402	0.7521	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 132: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 minutos**

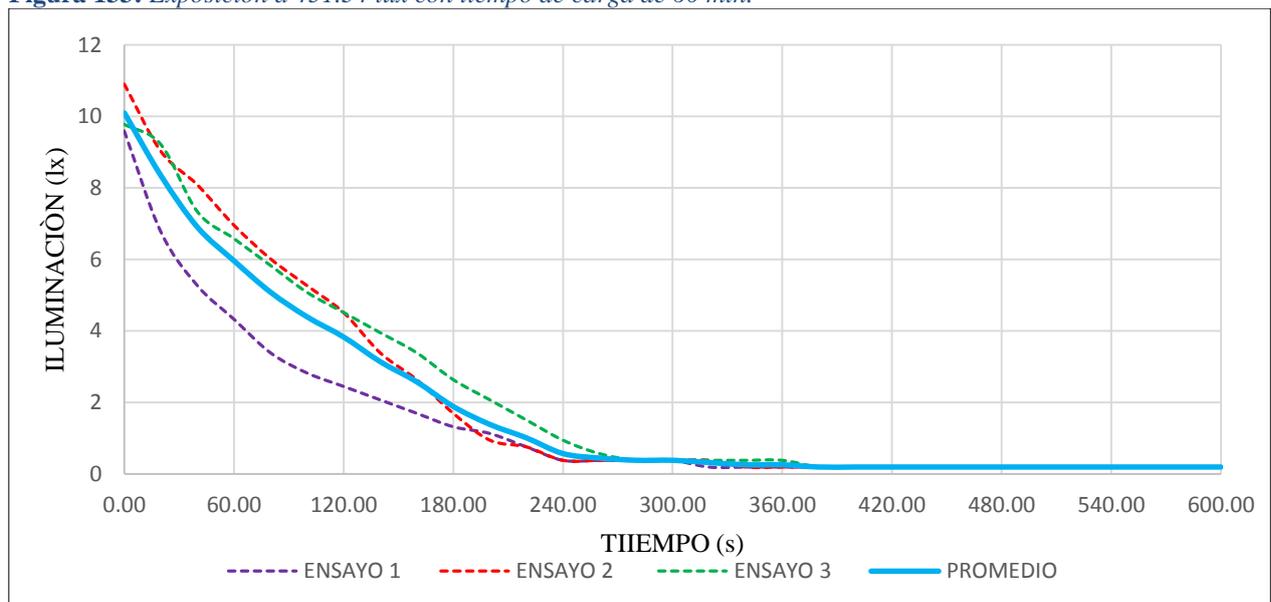
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 451.34 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 121) (ver Figura 133).

Tabla 121: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	9.5897	10.9060	9.7778	10.0912	320	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
20	6.7692	9.0256	9.2137	8.3362	340	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
40	5.2650	8.0855	7.3333	6.8946	360	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
60	4.3248	6.9573	6.5812	5.9544	380	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
80	3.3846	6.0171	5.8291	5.0769	400	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
100	2.8205	5.2650	5.0769	4.3875	420	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
120	2.4444	4.5128	4.5128	3.8234	440	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
140	2.0684	3.3846	3.9487	3.1339	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	1.6923	2.6325	3.3846	2.5698	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	1.3162	1.6923	2.6325	1.8803	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	1.1282	0.9402	2.0684	1.3789	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	0.7521	0.7521	1.5043	1.0028	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	0.3761	0.3761	0.9402	0.5641	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 133: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 minutos**

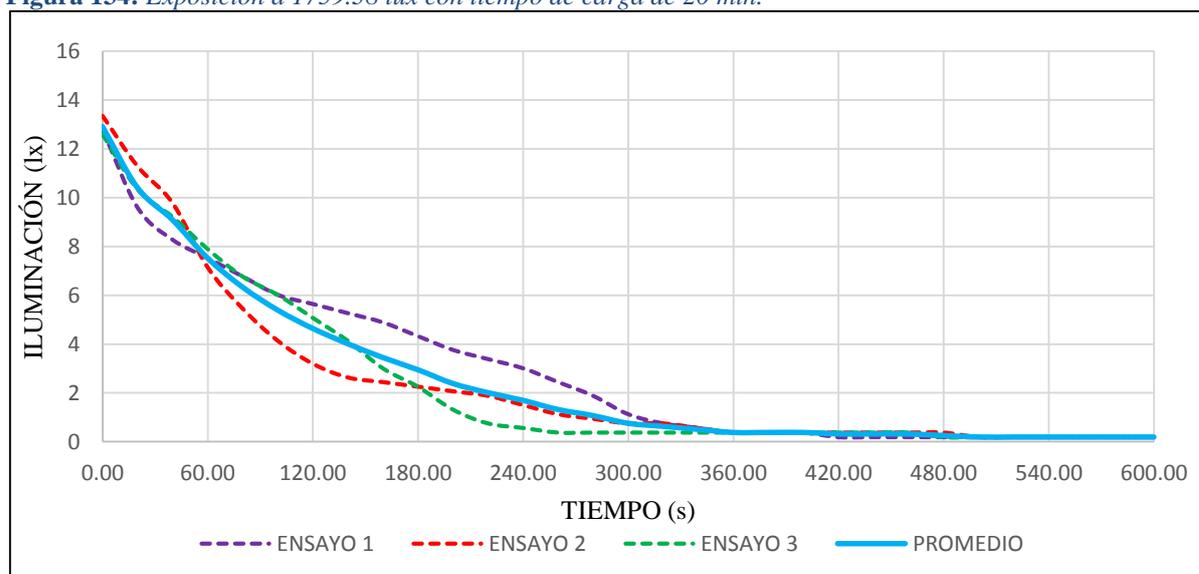
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 122) (ver Figura 134).

Tabla 122: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.7863	13.3504	12.5983	12.9117	320	0.7521	0.7521	0.3761	0.6268
20	9.5897	11.2821	10.3419	10.4046	340	0.5641	0.5641	0.3761	0.5014
40	8.2735	9.7778	9.2137	9.0883	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	7.5214	7.1453	7.8974	7.5214	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.7692	5.453	6.7692	6.3305	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	6.0171	4.1368	6.0171	5.3903	420	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
120	5.641	3.1966	5.0769	4.6382	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	5.265	2.6325	4.1368	4.0114	460	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
160	4.8889	2.4444	3.0085	3.4473	480	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
180	4.3248	2.2564	2.2564	2.9459	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	3.7607	2.0684	1.3162	2.3818	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.3846	1.8803	0.7521	2.0057	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.0085	1.5043	0.5641	1.6923	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.4444	1.1282	0.3761	1.3162	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	0.9402	0.3761	1.0655	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.1282	0.7521	0.3761	0.7521					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 134: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 20 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos**

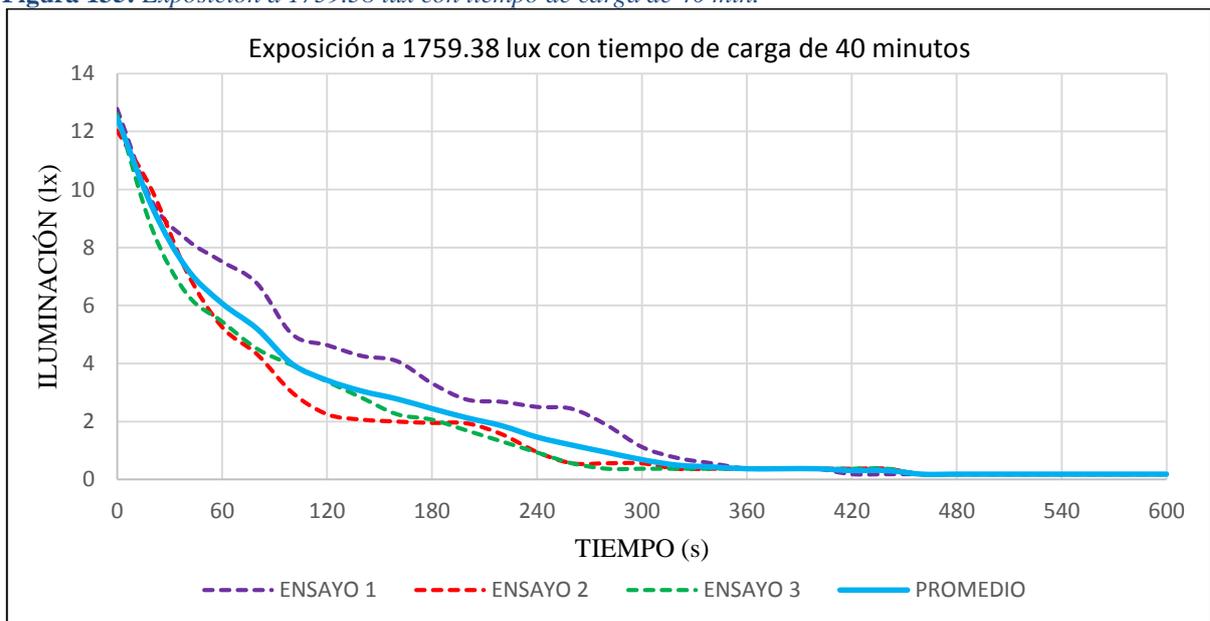
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 123) (ver Figura 135).

Tabla 123: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.7863	12.0342	12.5983	12.4729	320	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
20	9.5897	9.9658	8.6496	9.4017	340	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
40	8.2735	7.1453	6.3932	7.2707	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	7.5214	5.2650	5.4530	6.0798	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.7692	4.3248	4.5128	5.2023	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	5.0171	3.0085	3.9487	3.9914	420	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
120	4.6410	2.2564	3.3846	3.4273	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	4.2650	2.0684	2.8205	3.0513	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	4.0889	2.0023	2.2564	2.7825	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	3.3248	1.9543	2.0684	2.4492	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.7607	1.9402	1.6923	2.1311	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.6846	1.5641	1.3162	1.8550	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.5085	0.9548	0.9402	1.4678	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.4444	0.5641	0.5641	1.1909	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.8803	0.5641	0.3761	0.9402	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.1282	0.5641	0.3761	0.6895					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 135: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 minutos**

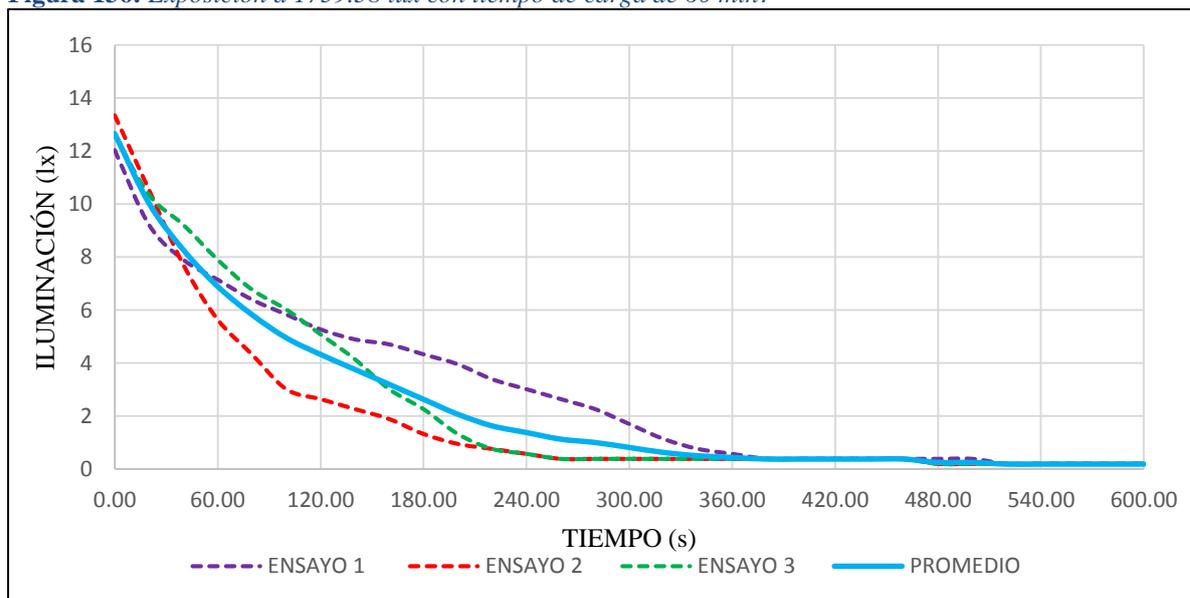
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 124) (ver Figura 136).

Tabla 124: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.0342	13.3504	12.5983	12.6610	320	1.1282	0.3761	0.3761	0.6268
20	9.2137	10.5299	10.3419	10.0285	340	0.7521	0.3761	0.3761	0.5014
40	7.8974	7.7094	9.2137	8.2735	360	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
60	7.1453	5.6410	7.8974	6.8946	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.3932	4.3248	6.7692	5.8291	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	5.8291	3.0085	6.0171	4.9516	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	5.2650	2.6325	5.0769	4.3248	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	4.8889	2.2564	4.1368	3.7607	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	4.7009	1.8803	3.0085	3.1966	480	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
180	4.3248	1.3162	2.2564	2.6325	500	0.3761	0.1880	0.1880	0.2507
200	3.9487	0.9402	1.3162	2.0684	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.3846	0.7521	0.7521	1.6296	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.0085	0.5641	0.5641	1.3789	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.6325	0.3761	0.3761	1.1282	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.2564	0.3761	0.3761	1.0028	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.6923	0.3761	0.3761	0.8148					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 136: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 20 minutos**

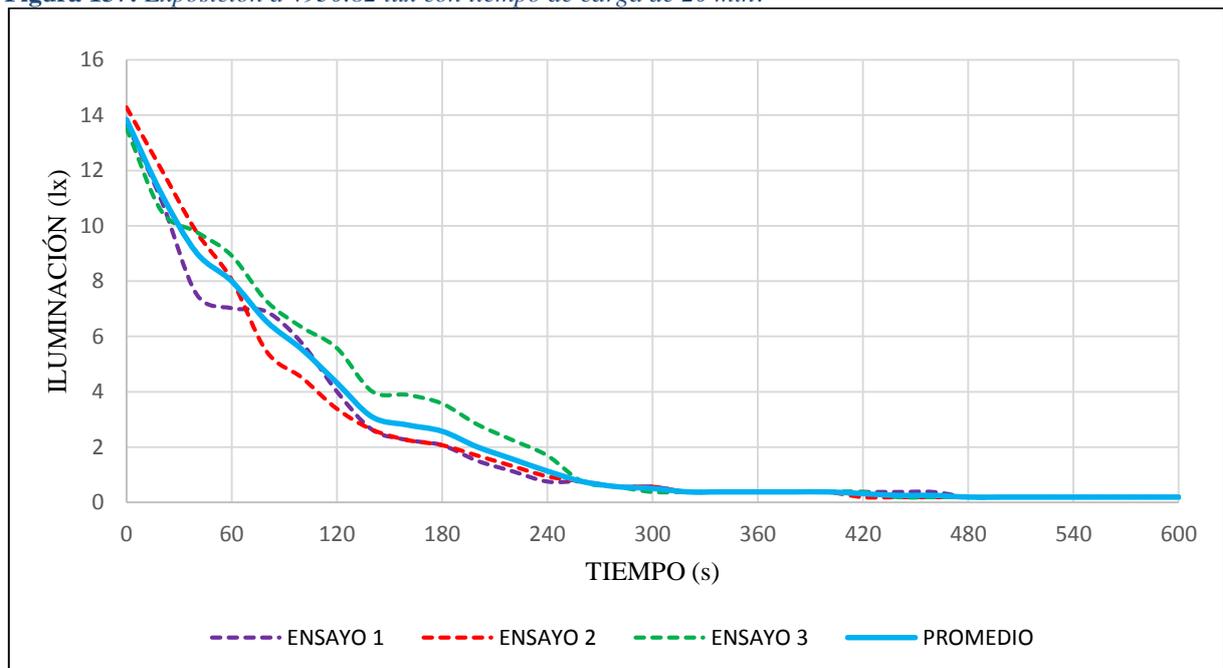
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 4930.82 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 125) (ver Figura 137).

Tabla 125: *Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 20 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.7265	14.2906	13.5385	13.8519	320	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
20	10.906	12.0342	10.5299	11.1567	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	7.5214	9.7778	9.7778	9.0256	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	7.0171	8.0575	8.9256	8.0001	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	6.8889	5.4530	7.2735	6.5385	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	5.7607	4.5128	6.3333	5.5356	420	0.3761	0.188	0.3761	0.3134
120	4.0085	3.3846	5.5812	4.3248	440	0.3761	0.188	0.188	0.2507
140	2.6325	2.6325	4.0171	3.0940	460	0.3761	0.188	0.188	0.2507
160	2.2564	2.2564	3.8889	2.8006	480	0.188	0.188	0.188	0.1880
180	2.0684	2.0684	3.5726	2.5698	500	0.188	0.188	0.188	0.1880
200	1.5043	1.6923	2.8205	2.0057	520	0.188	0.188	0.188	0.1880
220	1.1282	1.3162	2.2564	1.5670	540	0.188	0.188	0.188	0.1880
240	0.7521	0.9402	1.6923	1.1282	560	0.188	0.188	0.188	0.1880
260	0.7521	0.7521	0.7521	0.7521	580	0.188	0.188	0.188	0.1880
280	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641	600	0.188	0.188	0.188	0.1880
300	0.5641	0.5641	0.3761	0.5014					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 137: *Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 20 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 minutos**

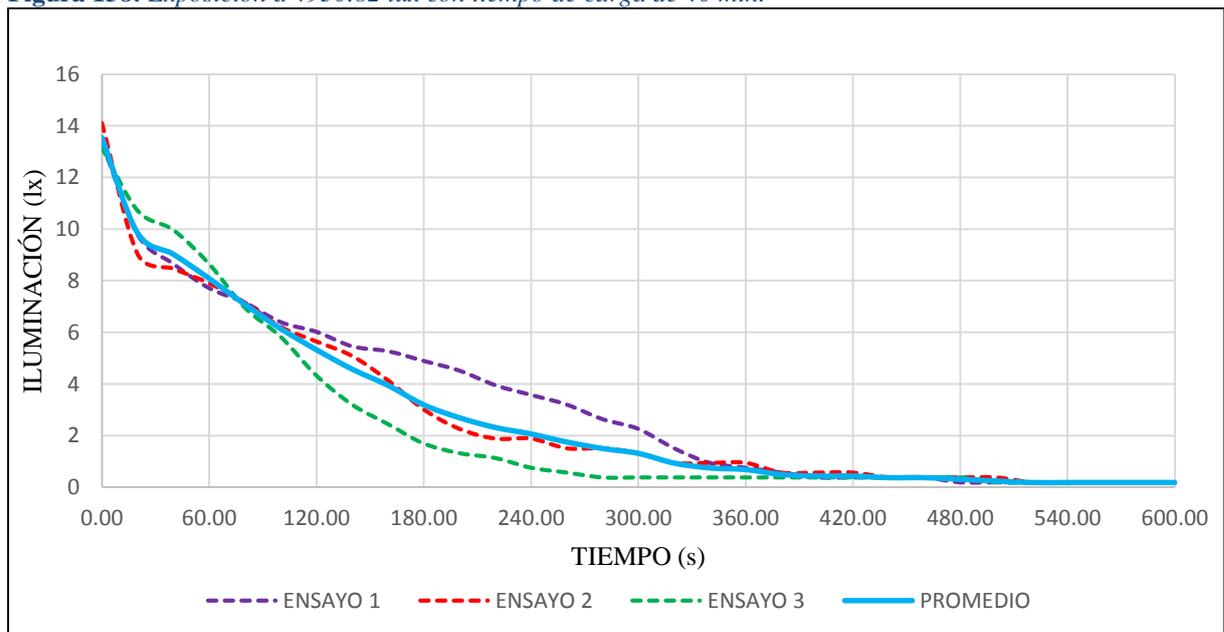
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 4930.82 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 126) (ver Figura 138).

Tabla 126: *Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.3504	14.1026	13.1624	13.5385	320	1.5043	0.9402	0.3761	0.9402
20	9.7778	9.0256	10.7179	9.8405	340	0.9402	0.9402	0.3761	0.7521
40	8.6496	8.4615	9.9658	9.0256	360	0.7521	0.9402	0.3761	0.6895
60	7.7094	7.8974	8.6496	8.0855	380	0.5641	0.5641	0.3761	0.5014
80	7.1453	7.1453	6.9573	7.0826	400	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
100	6.3932	6.2051	5.8291	6.1425	420	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
120	6.0171	5.641	4.3248	5.3276	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	5.453	5.0769	3.1966	4.5755	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	5.265	4.1368	2.4444	3.9487	480	0.188	0.3761	0.3761	0.3134
180	4.8889	3.0085	1.6923	3.1966	500	0.188	0.3761	0.188	0.2507
200	4.5128	2.2564	1.3162	2.6952	520	0.188	0.188	0.188	0.1880
220	3.9487	1.8803	1.1282	2.3191	540	0.188	0.188	0.188	0.1880
240	3.5726	1.8803	0.7521	2.0684	560	0.188	0.188	0.188	0.1880
260	3.1966	1.5043	0.5641	1.7550	580	0.188	0.188	0.188	0.1880
280	2.6325	1.5043	0.3761	1.5043	600	0.188	0.188	0.188	0.1880
300	2.2564	1.3162	0.3761	1.3162					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 138: *Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 40 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 60 minutos**

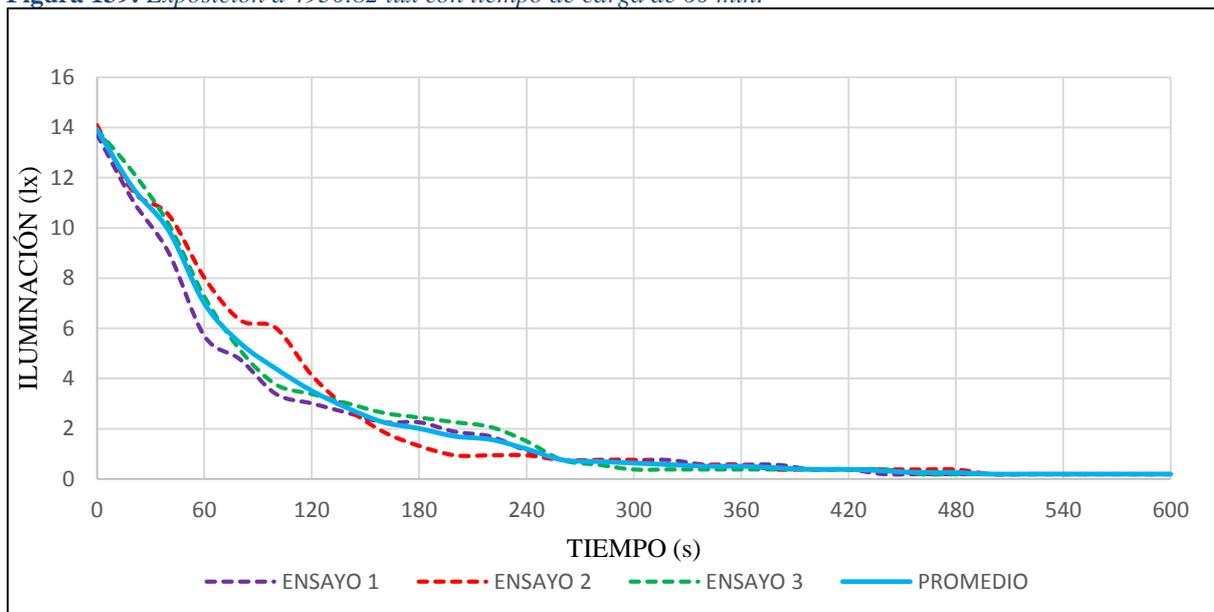
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 4930.82 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 127) (ver Figura 139).

Tabla 127: *Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 60 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.7265	14.1026	13.9145	13.9145	320	0.7521	0.5641	0.3761	0.5641
20	11.094	11.4701	12.2222	11.5954	340	0.5641	0.5641	0.3761	0.5014
40	9.0256	10.5299	10.1538	9.9031	360	0.5641	0.5641	0.3761	0.5014
60	5.7009	8.0256	7.2650	6.9972	380	0.5641	0.3761	0.3761	0.4387
80	4.7607	6.3333	5.1368	5.4103	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	3.3846	6.0171	3.7607	4.3875	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	3.0085	4.1368	3.3846	3.5100	440	0.188	0.3761	0.3761	0.3134
140	2.6325	2.8205	3.0085	2.8205	460	0.188	0.3761	0.188	0.2507
160	2.2564	1.8803	2.6325	2.2564	480	0.188	0.3761	0.188	0.2507
180	2.2564	1.3162	2.4444	2.0057	500	0.188	0.188	0.188	0.1880
200	1.8803	0.9402	2.2564	1.6923	520	0.188	0.188	0.188	0.1880
220	1.6923	0.9402	2.0684	1.5670	540	0.188	0.188	0.188	0.1880
240	1.1282	0.9402	1.5043	1.1909	560	0.188	0.188	0.188	0.1880
260	0.7521	0.7521	0.7521	0.7521	580	0.188	0.188	0.188	0.1880
280	0.7521	0.7521	0.5641	0.6895	600	0.188	0.188	0.188	0.1880
300	0.7521	0.7521	0.3761	0.6268					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 139: *Exposición a 4930.82 lux con tiempo de carga de 60 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

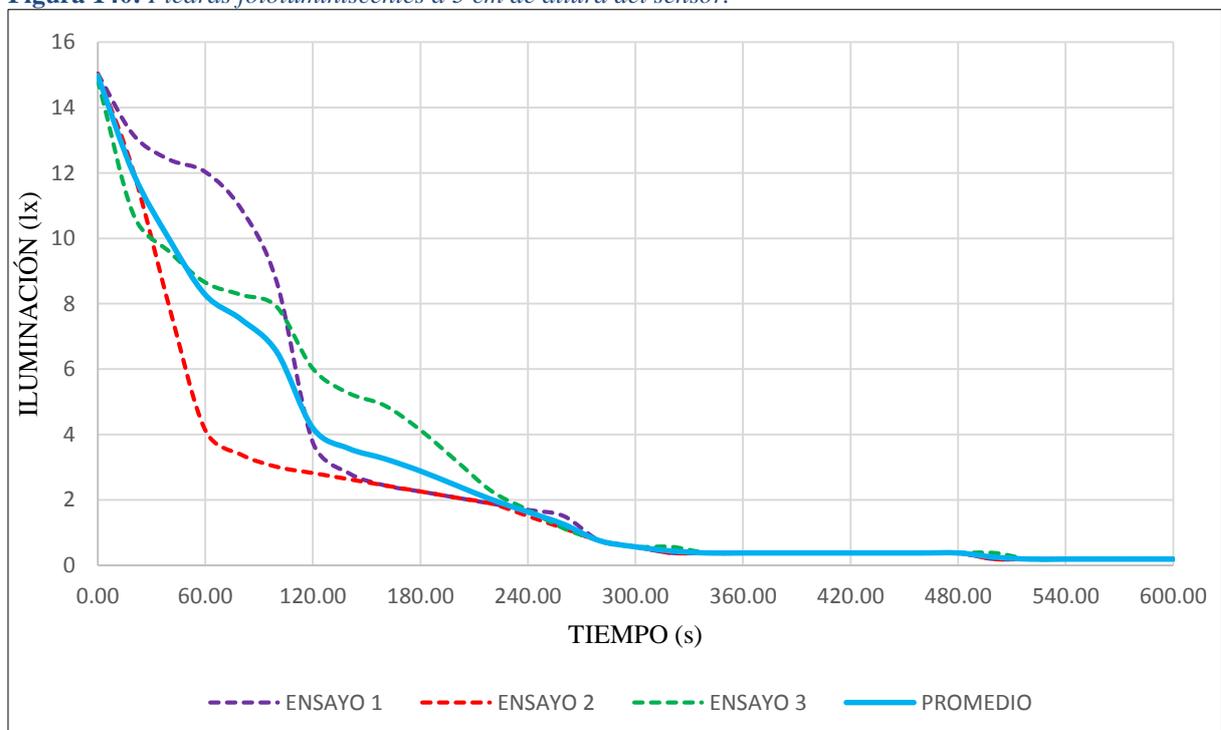
- **Ensayo dentro de la caja sin recubrimiento de aluminio variando las alturas del sensor**
- **Piedras fotoluminiscentes a 5 cm de altura del sensor**

Tabla 128: Piedras fotoluminiscentes a 5 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	15.0427	15.0427	14.8547	14.9801	320	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387
20	13.1624	12.0342	10.7179	11.9715	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	12.4103	7.8974	9.5897	9.9658	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	12.0342	4.1368	8.6496	8.2735	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	10.9060	3.3846	8.2735	7.5214	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	8.6496	3.0085	7.8974	6.5185	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	3.7607	2.8205	6.0171	4.1994	440	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
140	2.8205	2.6325	5.2650	3.5726	460	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
160	2.4444	2.4444	4.8889	3.2593	480	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
180	2.2564	2.2564	4.1368	2.8832	500	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
200	2.0684	2.0684	3.1966	2.4444	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.8803	1.8803	2.2564	2.0057	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.6923	1.5043	1.6923	1.6296	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.5043	1.1282	1.1282	1.2536	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.7521	0.7521	0.7521	0.7521	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 140: Piedras fotoluminiscentes a 5 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

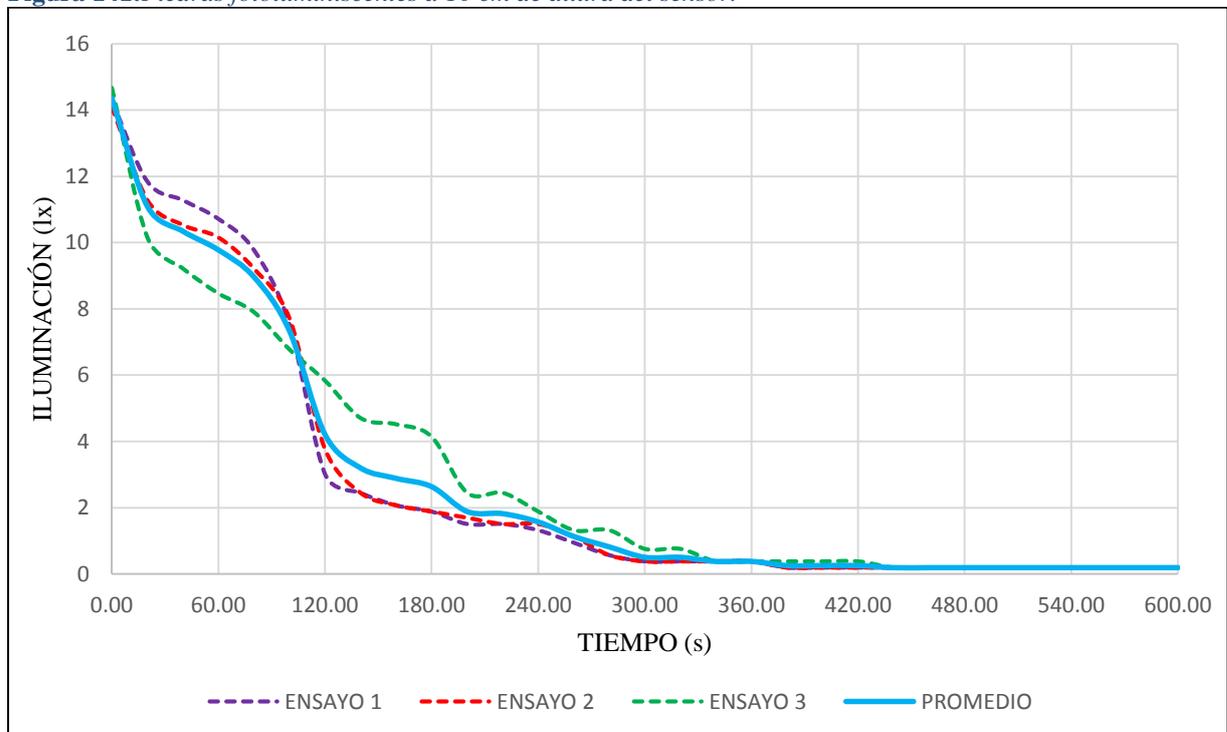
- Piedras fotoluminiscentes a 10 cm de altura del sensor

Tabla 129: Piedras fotoluminiscentes a 10 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	14.2906	14.1026	14.6667	14.3533	320	0.3761	0.3761	0.7521	0.5014
20	11.8462	11.2821	10.1538	11.0940	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	11.2821	10.5299	9.2137	10.3419	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	10.7179	10.1538	8.4615	9.7778	380	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
80	9.7778	9.2137	7.8974	8.9630	400	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
100	7.5214	7.7094	6.7692	7.3333	420	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
120	3.0085	3.7607	5.8291	4.1994	440	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
140	2.4444	2.4444	4.7009	3.1966	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	2.0684	2.0684	4.5128	2.8832	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	1.8803	1.8803	4.1368	2.6325	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	1.5043	1.6923	2.4444	1.8803	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.5043	1.5043	2.4444	1.8177	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.3162	1.5043	1.8803	1.5670	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.9402	1.1282	1.3162	1.1282	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.5641	0.5641	1.3162	0.8148	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	0.3761	0.7521	0.5014					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 141: Piedras fotoluminiscentes a 10 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

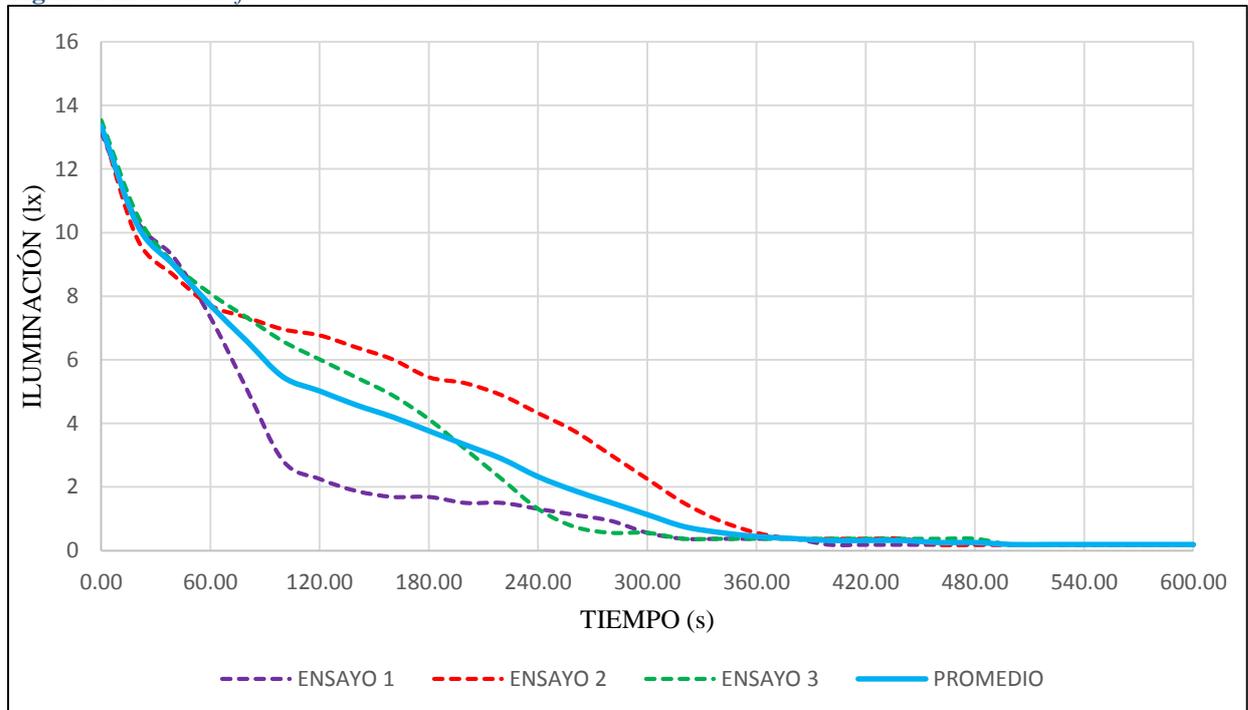
- **Piedras fotoluminiscentes a 15 cm de altura del sensor.**

Tabla 130: Piedras fotoluminiscentes a 15 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	13.1624	13.3504	13.5385	13.3504	320	0.3761	1.5043	0.3761	0.7521
20	10.3419	9.7778	10.5299	10.2165	340	0.3761	0.9402	0.3761	0.5641
40	9.2137	8.6496	9.0256	8.9630	360	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
60	7.3333	7.7094	8.0855	7.7094	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	5.0769	7.3333	7.3333	6.5812	400	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
100	2.8205	6.9573	6.5812	5.4530	420	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
120	2.2564	6.7692	6.0171	5.0142	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	1.8803	6.3932	5.4530	4.5755	460	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
160	1.6923	6.0171	4.8889	4.1994	480	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
180	1.6923	5.4530	4.1368	3.7607	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	1.5043	5.2650	3.1966	3.3219	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.5043	4.8889	2.2564	2.8832	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.3162	4.3248	1.3162	2.3191	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.1282	3.7607	0.7521	1.8803	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.9402	3.0085	0.5641	1.5043	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.5641	2.2564	0.5641	1.1282					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 142: Piedras fotoluminiscentes a 15 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

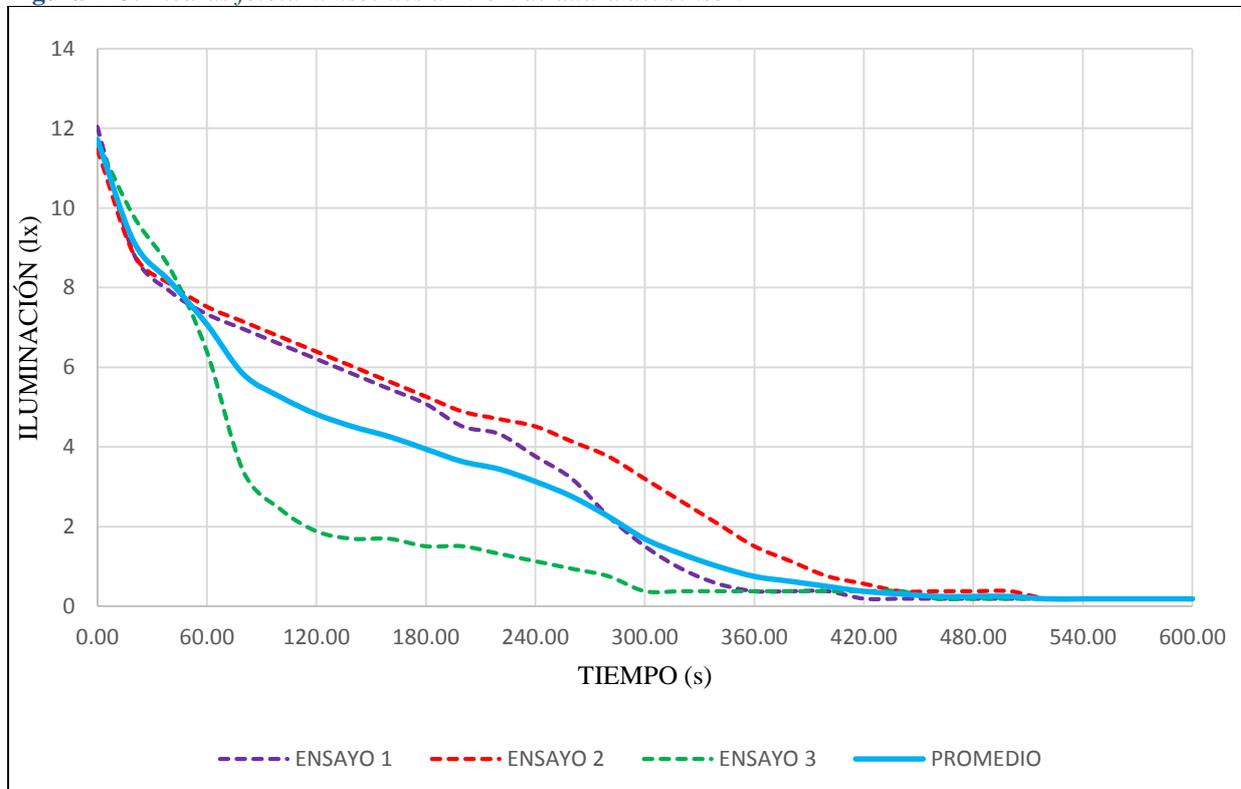
- Piedras fotoluminiscentes a 20 cm de altura del sensor

Tabla 131: Piedras fotoluminiscentes a 20 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.0342	11.4701	11.6581	11.7208	320	0.9402	2.6325	0.3761	1.3162
20	8.8376	8.8376	9.7778	9.1510	340	0.5641	2.0684	0.3761	1.0028
40	7.8974	8.0855	8.4615	8.1481	360	0.3761	1.5043	0.3761	0.7521
60	7.3333	7.5214	6.3932	7.0826	380	0.3761	1.1282	0.3761	0.6268
80	6.9573	7.1453	3.3846	5.8291	400	0.3761	0.7521	0.3761	0.5014
100	6.5812	6.7692	2.4444	5.2650	420	0.1880	0.5641	0.3761	0.3761
120	6.2051	6.3932	1.8803	4.8262	440	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
140	5.8291	6.0171	1.6923	4.5128	460	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
160	5.4530	5.6410	1.6923	4.2621	480	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
180	5.0769	5.2650	1.5043	3.9487	500	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
200	4.5128	4.8889	1.5043	3.6353	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	4.3248	4.7009	1.3162	3.4473	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.7607	4.5128	1.1282	3.1339	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	3.1966	4.1368	0.9402	2.7578	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	2.2564	3.7607	0.7521	2.2564	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	1.5043	3.1966	0.3761	1.6923					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 143: Piedras fotoluminiscentes a 20 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

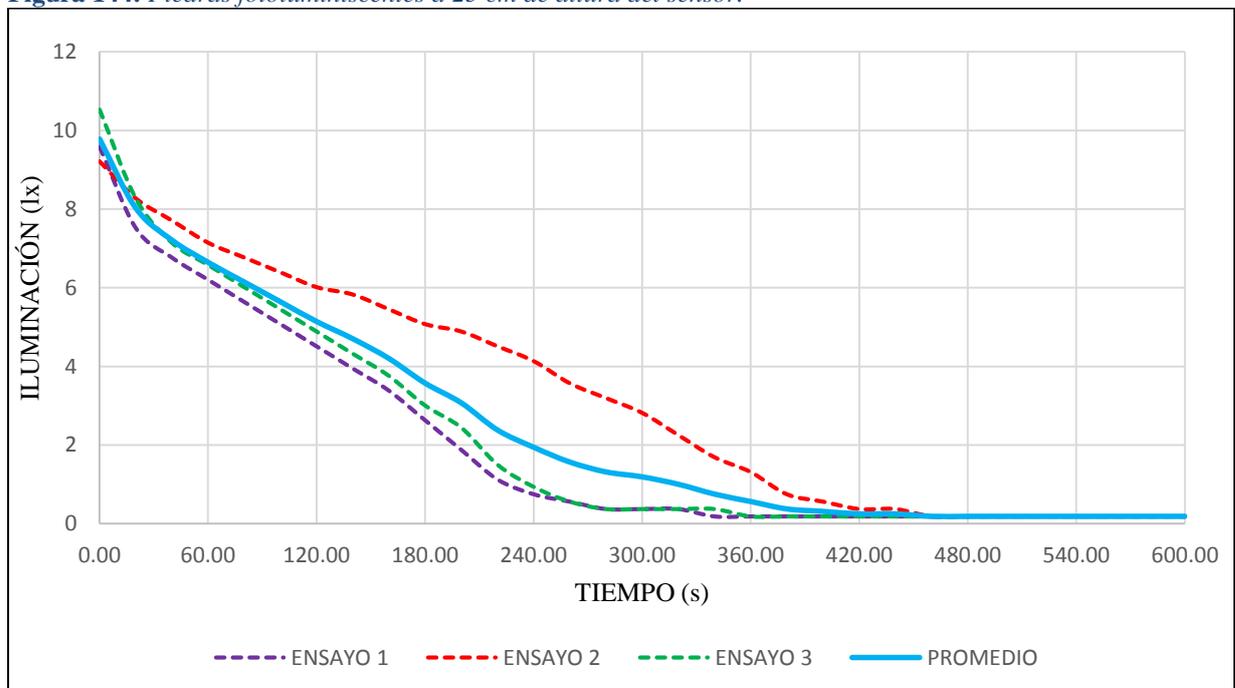
- **Piedras fotoluminiscentes a 25 cm de altura del sensor**

Tabla 132: Piedras fotoluminiscentes a 25 cm de altura del sensor.

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	9.5897	9.2137	10.5299	9.7778	320	0.3761	2.2564	0.3761	1.0028
20	7.5214	8.2735	8.2735	8.0228	340	0.1880	1.6923	0.3761	0.7521
40	6.7692	7.7094	7.1453	7.2080	360	0.1880	1.3162	0.1880	0.5641
60	6.2051	7.1453	6.5812	6.6439	380	0.1880	0.7521	0.1880	0.3761
80	5.6410	6.7692	6.0171	6.1425	400	0.1880	0.5641	0.1880	0.3134
100	5.0769	6.3932	5.4530	5.6410	420	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
120	4.5128	6.0171	4.8889	5.1396	440	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
140	3.9487	5.8291	4.3248	4.7009	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	3.3846	5.4530	3.7607	4.1994	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	2.6325	5.0769	3.0085	3.5726	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	1.8803	4.8889	2.4444	3.0712	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	1.1282	4.5128	1.5043	2.3818	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	0.7521	4.1368	0.9402	1.9430	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.5641	3.5726	0.5641	1.5670	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.3761	3.1966	0.3761	1.3162	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	2.8205	0.3761	1.1909					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 144: Piedras fotoluminiscentes a 25 cm de altura del sensor.



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 minutos**

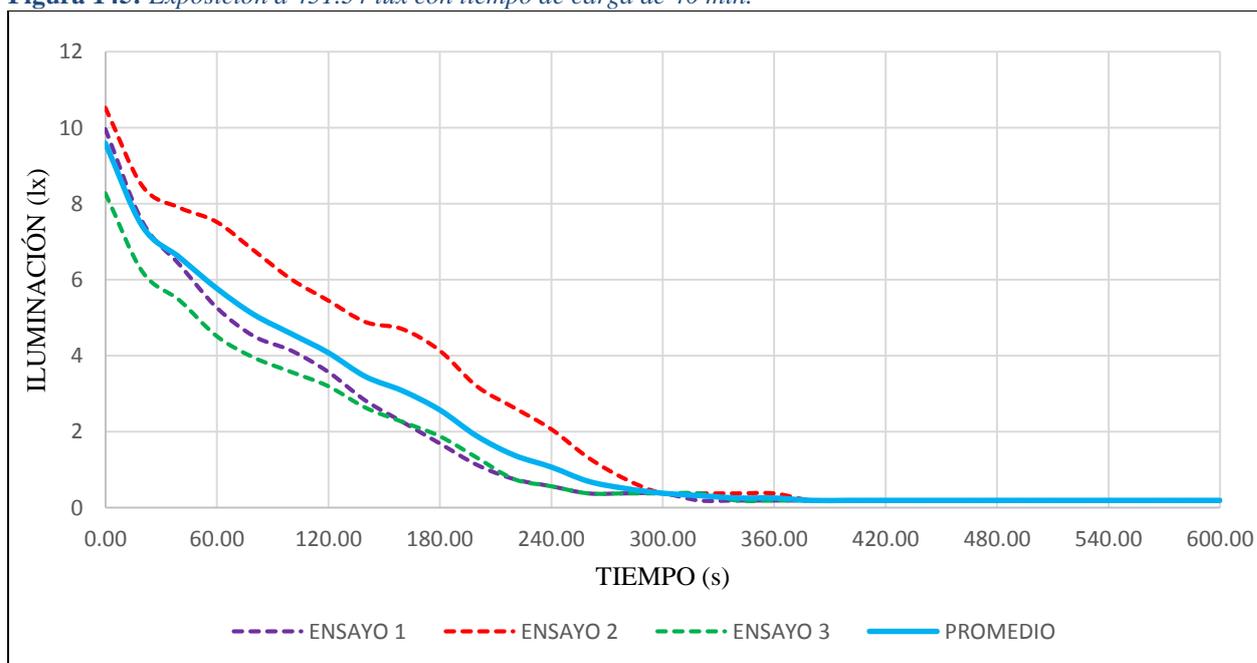
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 451.34 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 133) (ver Figura 145).

Tabla 133: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	9.9658	10.5299	8.2735	9.5897	320	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
20	7.5214	8.4615	6.2051	7.3960	340	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
40	6.3932	7.8974	5.4530	6.5812	360	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507
60	5.2650	7.5214	4.5128	5.7664	380	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
80	4.5128	6.7692	3.9487	5.0769	400	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
100	4.1368	6.0171	3.5726	4.5755	420	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
120	3.5726	5.4530	3.1966	4.0741	440	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
140	2.8205	4.8889	2.6325	3.4473	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	2.2564	4.7009	2.2564	3.0712	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	1.6923	4.1368	1.8803	2.5698	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	1.1282	3.1966	1.3162	1.8803	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	0.7521	2.6325	0.7521	1.3789	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	0.5641	2.0684	0.5641	1.0655	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.3761	1.3162	0.3761	0.6895	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.3761	0.7521	0.3761	0.5014	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 145: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 40 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 minutos**

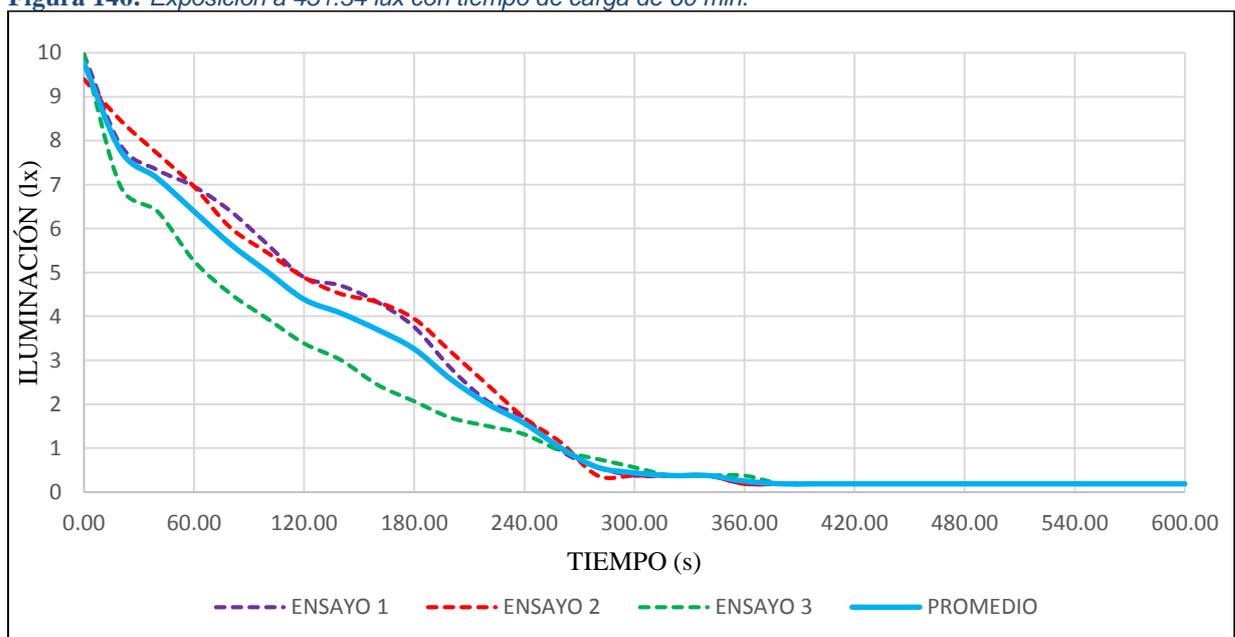
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 451.34 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 134) (ver Figura 146).

Tabla 134: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	9.9658	9.4017	9.9658	9.7778	320	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
20	7.8974	8.4615	6.9573	7.7721	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	7.3333	7.7094	6.3932	7.1453	360	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
60	6.9573	6.9573	5.2650	6.3932	380	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
80	6.3932	6.0171	4.5128	5.6410	400	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
100	5.6410	5.4530	3.9487	5.0142	420	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
120	4.8889	4.8889	3.3846	4.3875	440	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
140	4.7009	4.5128	3.0085	4.0741	460	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
160	4.3248	4.3248	2.4444	3.6980	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	3.7607	3.9487	2.0684	3.2593	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	2.8205	3.1966	1.6923	2.5698	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	2.0684	2.4444	1.5043	2.0057	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	1.6923	1.6923	1.3162	1.5670	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	0.9402	1.1282	0.9402	1.0028	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	0.5641	0.3761	0.7521	0.5641	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.3761	0.3761	0.5641	0.4387					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 146: *Exposición a 451.34 lux con tiempo de carga de 60 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 minutos**

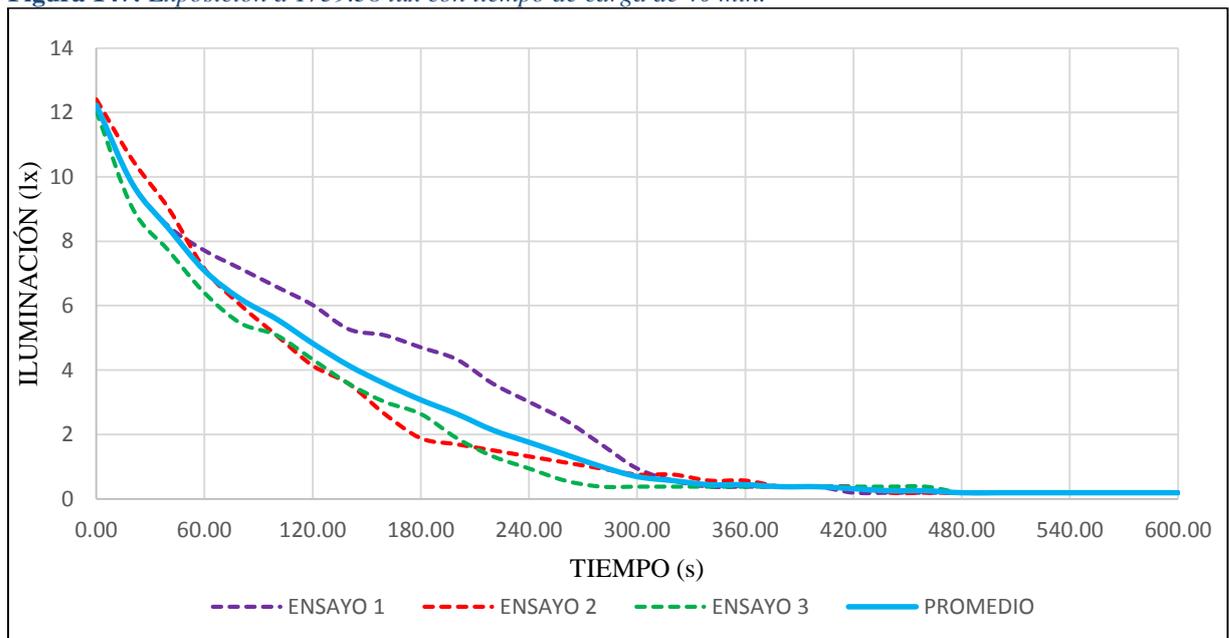
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 135) (ver Figura 147).

Tabla 135: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.2222	12.4103	12.0342	12.2222	320	0.5641	0.7521	0.3761	0.5641
20	9.7778	10.5299	9.0256	9.7778	340	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
40	8.4615	9.0256	7.7094	8.3989	360	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
60	7.7094	7.1453	6.3932	7.0826	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	7.1453	6.0171	5.4530	6.2051	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	6.5812	5.0769	5.0769	5.5783	420	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134
120	6.0171	4.1368	4.3248	4.8262	440	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
140	5.2650	3.5726	3.5726	4.1368	460	0.1880	0.1880	0.3761	0.2507
160	5.0769	2.6325	3.0085	3.5726	480	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
180	4.7009	1.8803	2.6325	3.0712	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	4.3248	1.6923	1.8803	2.6325	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.5726	1.5043	1.3162	2.1311	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	3.0085	1.3162	0.9402	1.7550	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	2.4444	1.1282	0.5641	1.3789	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.6923	0.9402	0.3761	1.0028	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.9402	0.7521	0.3761	0.6895					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 147: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 40 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

- **Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 minutos**

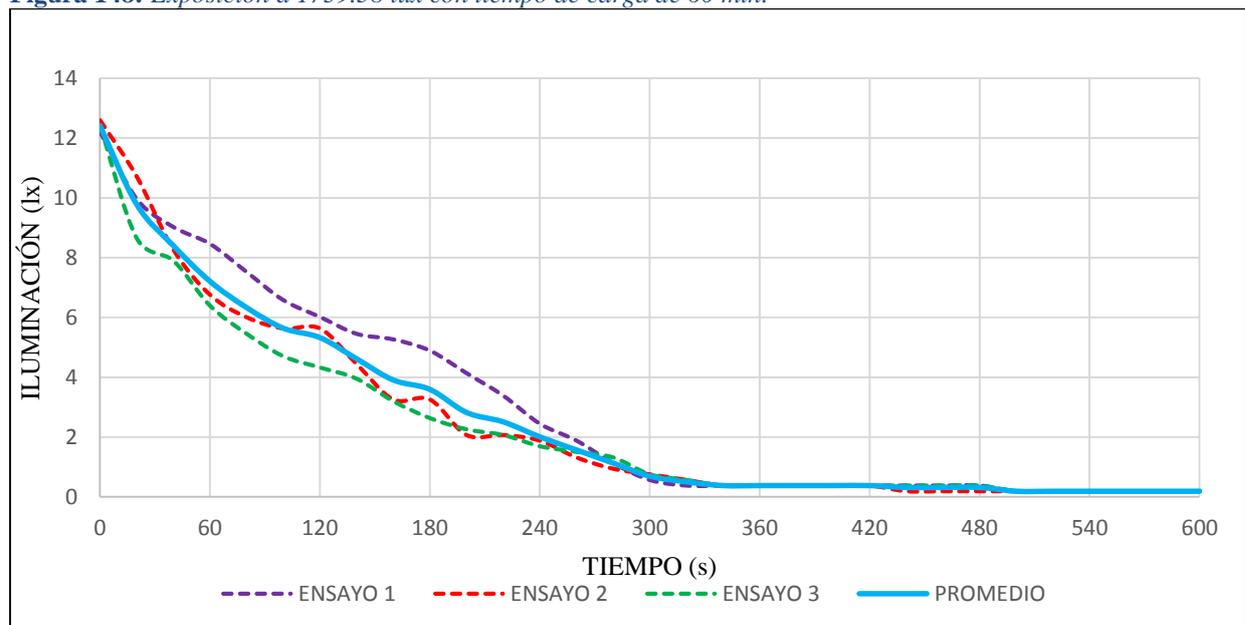
Empleando un foco incandescente con iluminación igual a 1759.38 lux, se obtiene los siguientes datos en 10 minutos (ver Tabla 136) (ver Figura 148).

Tabla 136: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.*

TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO	TIEMPO	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	PROMEDIO
(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)	(s)	(lux)	(lux)	(lux)	(lux)
0	12.2222	12.5983	12.4103	12.4103	320	0.3761	0.5641	0.5641	0.5014
20	9.9658	10.7179	8.6496	9.7778	340	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
40	9.0256	8.2735	7.8974	8.3989	360	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
60	8.4615	6.7607	6.3932	7.2051	380	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
80	7.5214	6.0085	5.4530	6.3276	400	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
100	6.5812	5.6325	4.7009	5.6382	420	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
120	6.0171	5.6325	4.3248	5.3248	440	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
140	5.4530	4.4444	3.9487	4.6154	460	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
160	5.2650	3.2564	3.1966	3.9060	480	0.3761	0.1880	0.3761	0.3134
180	4.8889	3.2564	2.6325	3.5926	500	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
200	4.1368	2.0684	2.2564	2.8205	520	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
220	3.3846	2.0684	2.0684	2.5071	540	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
240	2.4444	1.8803	1.6923	2.0057	560	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
260	1.8803	1.3162	1.5043	1.5670	580	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
280	1.1282	0.9402	1.3162	1.1282	600	0.1880	0.1880	0.1880	0.1880
300	0.5641	0.7521	0.7521	0.6895					

Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 148: *Exposición a 1759.38 lux con tiempo de carga de 60 min.*



Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N°12: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MÁQUINA UNIVERSAL AUTOMÁTICA



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

INFORMACION PEDIDOS

ACCESORIOS

- Capacidad máxima: 50 kN
- Velocidad de desplazamiento infinitamente variable 0,05-51 mm / min
- Velocidad de carga infinitamente variable de 1 N / seg a 10.000 N / sec
- Valor mínimo de la velocidad de ensayo: 0,05 mm / min y 1 N / sec
- Energía: DC motor 750 W
- Descarga de datos: mediante el puerto LAN (formato ASCII, TXT o Controls)
- Resolución: 132 000 divisiones
- Frecuencia de muestreo: 50 Hz
- Espacio horizontal (distancia entre columnas): 270 mm
- Altura libre máxima (sin accesorios): 730 mm
- Recorrido de placas: 100 mm
- Dimensiones generales (L x W x H): 392x495x1213 mm
- Peso neto aprox.: 65 kg
- Pantalla gráfica táctil: 240 x 128 píxeles
- Gran capacidad de almacenamiento de datos de memoria de USB pen drive

ANEXO N°13: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PRENSA HIDRÁULICA



F-25EX Máquina de Compresión Forney



Cumple con las siguientes normas:
ASTM C39 C140 C1314 E4
AASHTO T22
BS 1610 BS 1881

El rango de medición en la Máquina de compresión F-25EX es de 2,500 a 250,000 lbf (1,133 a 113,398 kgf). Es ideal para ensayar cilindros, cubos, medio block y vigas.

La Línea EX se caracteriza por marcos de carga básicos, rígidos que han probado su buen diseño. el marco de carga original de Forney ha mostrado ser confiable ya que ha servido a la industria por más de 55 años. Las máquinas de la Línea EX se despachan listas para hacer pruebas en cilindros de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm). Esta línea es de tipo económico, pero no pierde en funcionalidad, precisión y confiabilidad.

Características estándar:

- ✓ Puertas de laxan con bisagras y cerraduras confiables
- ✓ Platina superior de 6 pulgadas (150 mm) de diámetro
- ✓ Incluye el dispositivo de sujeción original Forney para intercambiar accesorios fácil y rápido
- ✓ Garantía de 24 meses contra defectos de materiales o mano de obra
<https://es.scribd.com/document/341067643/Ficha-Tecnica-Prensa-Forney>
<https://es.scribd.com/document/341067643/Ficha-Tecnica-Prensa-Forney>
- ✓ Válvula de seguridad de alta presión
- ✓ Precisión +/- 0.5% de la carga indicada

Versatilidad:

Gran variedad de accesorios para pruebas en cilindros de 2 - 12 pulgadas, cubos, vigas, tabique y block.

- ✓ Dispositivos de paro automática limitan la carrera del pistón (opcional)
- ✓ Extensión de garantía (opcional)
- ✓ Especificaciones eléctricas a su elección 110/220 VAC @ 50/60 Hz
- ✓ Unidades digitales y manómetros análogos.
- ✓ Bomba de ¼ hp

Base metálica

Los accesorios para probar varios especímenes deben ordenarse por separado. Contacte al departamento de Ventas de Forney 800 376 6397 para obtener más información.

La Máquina de Pruebas de Compresión aquí descrita es solo un tipo de configuración entre 157 posibilidades. Agradeceremos utilice la guía de selección a fin de explorar sobre el rango total de productos (máquinas, unidades digitales, opciones y accesorios), así como contactar al departamento de ventas de Forney solicitando consulta.

ANEXO N°14: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE LUZ

Light Sensor (Order Code LS-BTA)



The Light Sensor can be used for measurements of light intensity in a variety of situations.

- Perform inverse square light intensity experiments using a point source of light.
- Conduct polarized filter studies.
- Demonstrate the flicker of fluorescent lamps and other lamps.
- Carry out solar energy studies.
- Perform reflectivity studies.
- Study light intensity in various parts of a house or school.
- Use it as part of a study of plant growth to measure light intensity.

Note: Vernier products are designed for educational use. Our products are not designed nor are they recommended for any industrial, medical, or commercial process such as life support, patient diagnosis, control of a manufacturing process, or industrial testing of any kind.

Compatible Software and Interfaces

See www.vernier.com/manuals/ls-bta for a list of interfaces and software compatible with the Light Sensor.

Getting Started

1. Connect the sensor to the interface (LabQuest Mini, LabQuest 2, etc.).
2. Start the appropriate data-collection software (Logger Pro, Logger Lite, LabQuest App) if not already running, and choose New from File menu.

The software will identify the sensor and load a default data-collection setup. You are now ready to collect data.

If you are collecting data using a Chromebook™, mobile device such as iPad® or Android™ tablet, or a Vernier wireless sensor or interface, please see the following link for up-to-date connection information:

www.vernier.com/start/ls-bta

Using the Product

Connect the sensor following the steps in the Getting Started section of this user manual.

The switch on the box is used to select the range. If the reading from the sensor reaches the maximum for the selected ranges, you need to switch to a less sensitive range. If the reading is very small or 0, you need to select a more sensitive range.

- The 0–600 lux range is the most sensitive range. It is useful for low levels of illumination.
- The 0–6000 lux range is a good general purpose range for indoor light levels.
- The 0–150,000 lux range is used mainly for measurements in sunlight.

Videos

View videos related to this product at www.vernier.com/ls-bta

Calibration

You should not have to perform a new calibration when using the Light Sensor in the classroom. We have set the sensor to match our stored calibration before shipping it. If you have a calibrated light meter and would like to calibrate the Light Sensor to match it, you can find instructions at www.vernier.com/tit/3615

Specifications

13-bit resolution	0–600 lux: 0.1 lux 0–6000 lux: 1 lux 0–150000 lux: 25 lux
12-bit resolution	0–600 lux: 0.2 lux 0–6000 lux: 2 lux 0–150000 lux: 50 lux
10-bit resolution	0–600 lux: 0.3 lux 0–6000 lux: 8 lux 0–150000 lux: 200 lux
Default calibration values	0–600 lux slope: 154 lux/V intercept: 0 lux 0–6000 lux slope: 1692 lux/V intercept: 0 lux 0–150000 lux slope: 38424 lux/V intercept: 0 lux

How the Sensor Works

The sensor uses a silicon photodiode. It produces a voltage that is proportional to light intensity. The spectral response approximates the response of the human eye, as shown in this diagram.

ANEXO N°15: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 149: *Cantera H y S*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 150: *En la cantera H y S*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 151: *Entrada del laboratorio de concreto y estructuras - UPN*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 152: *Modificación del agregado*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 153: *Granulometría del agregado fino y grueso*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 154: *Peso suelto y compactado del agregado fino*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 155: *Peso compactado y suelto del agregado grueso*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 156: *Peso específico del agregado grueso*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 157: *Lavado del agregado fino*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 158: *Peso específico del agregado fino*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 159: *Elaboración de especímenes cilíndricos*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 160: *Especímenes expuestas a resistencia a la compresión*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 161: *Probeta después de ser sometida a la carga máxima*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 162: *Elaboración de especímenes prismáticos*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 163: *Especímenes antes de ser sometidos al ensayo de resistencia a la flexión*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 164: Colocación del espécimen de concreto



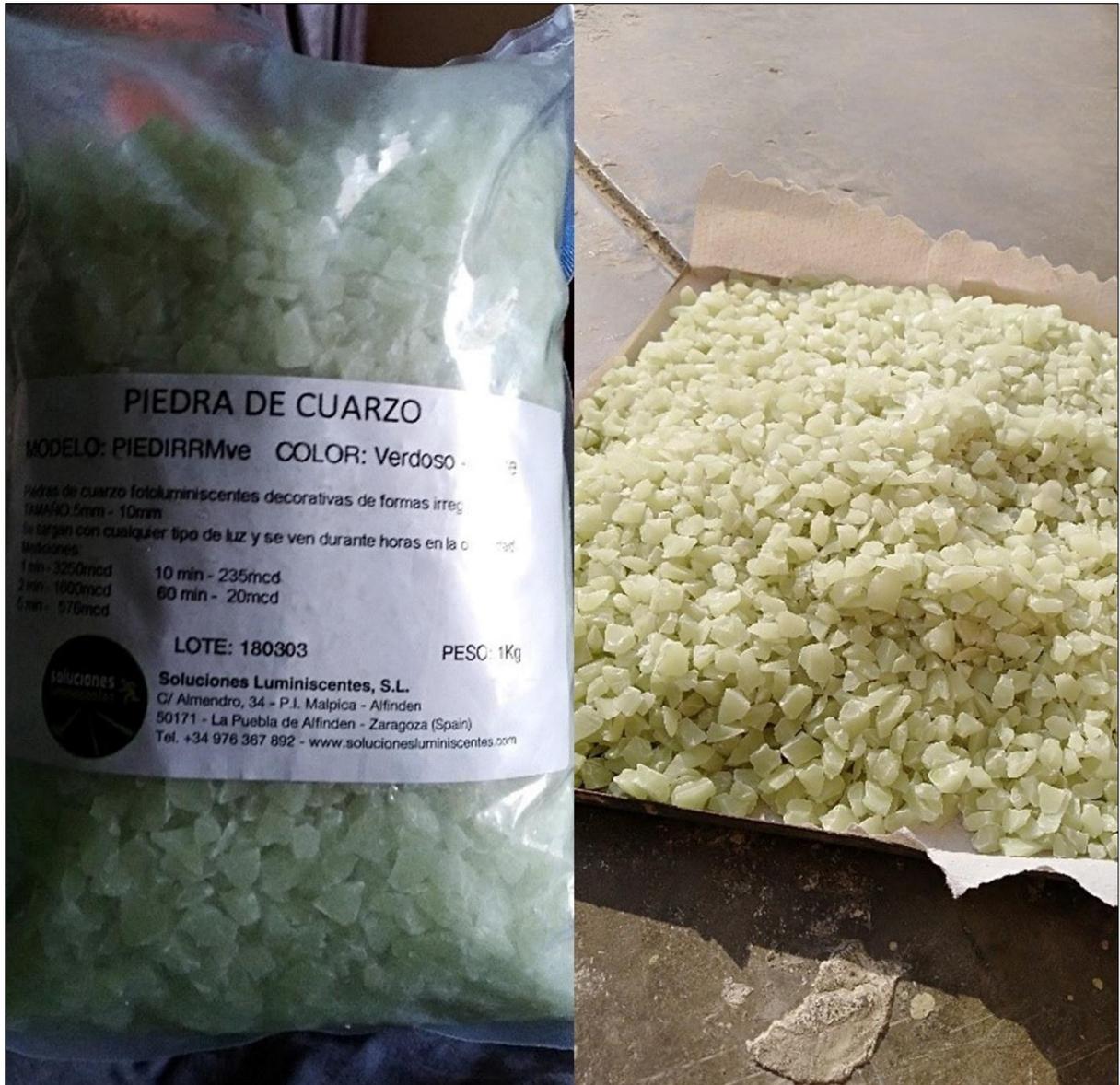
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 165: Rotura del espécimen



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 166: *Especímenes después de ser sometidas a la resistencia a la flexión*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 167: *Peso específico de la piedra fotoluminiscente*



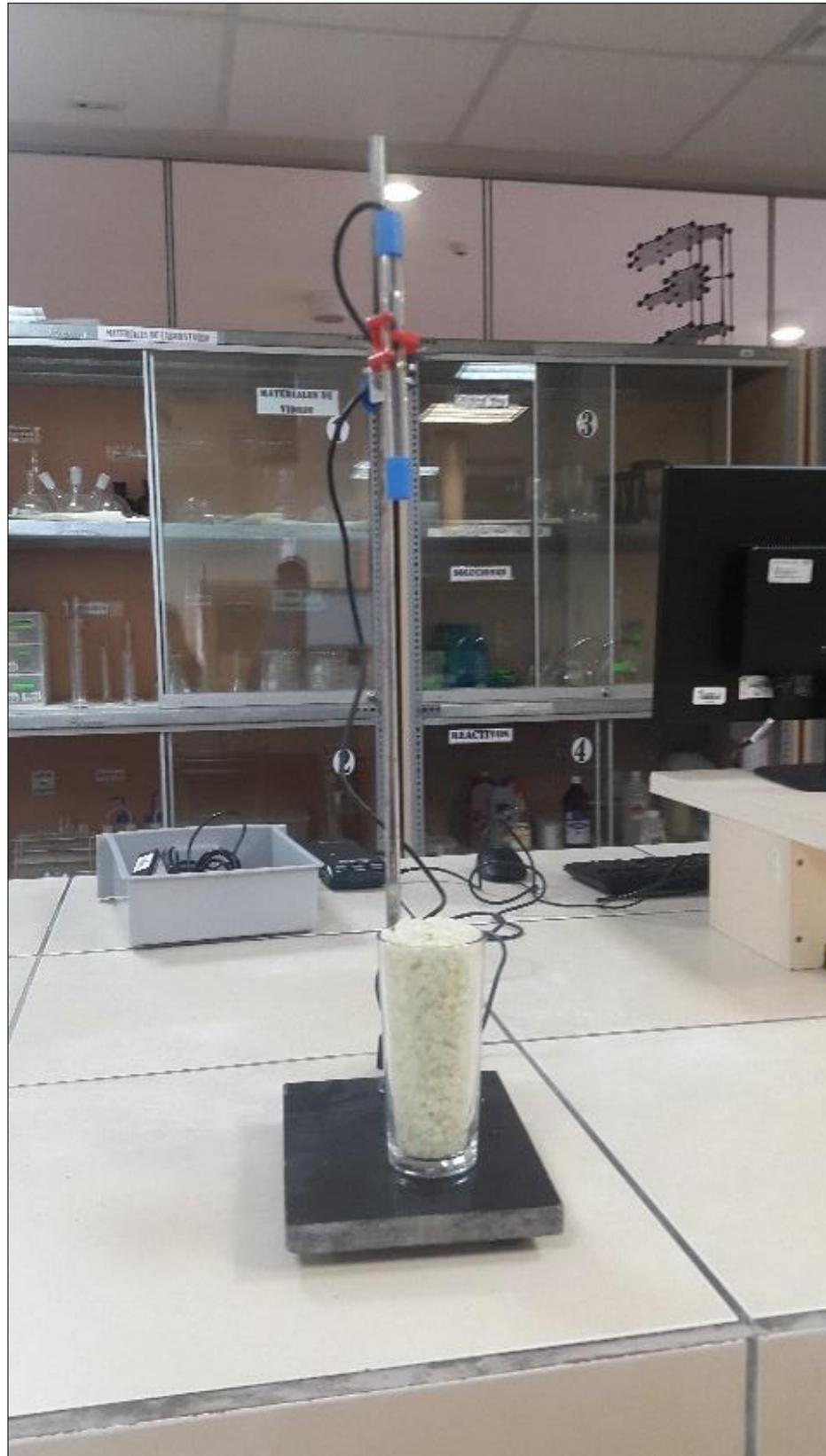
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 168: *Granulometría de la piedra fotoluminiscente*



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 169: Lectura según norma española 23035



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 170: Muestras para ensayo de luminosidad



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 171: Ejecución de los ensayos con supervisión del asesor



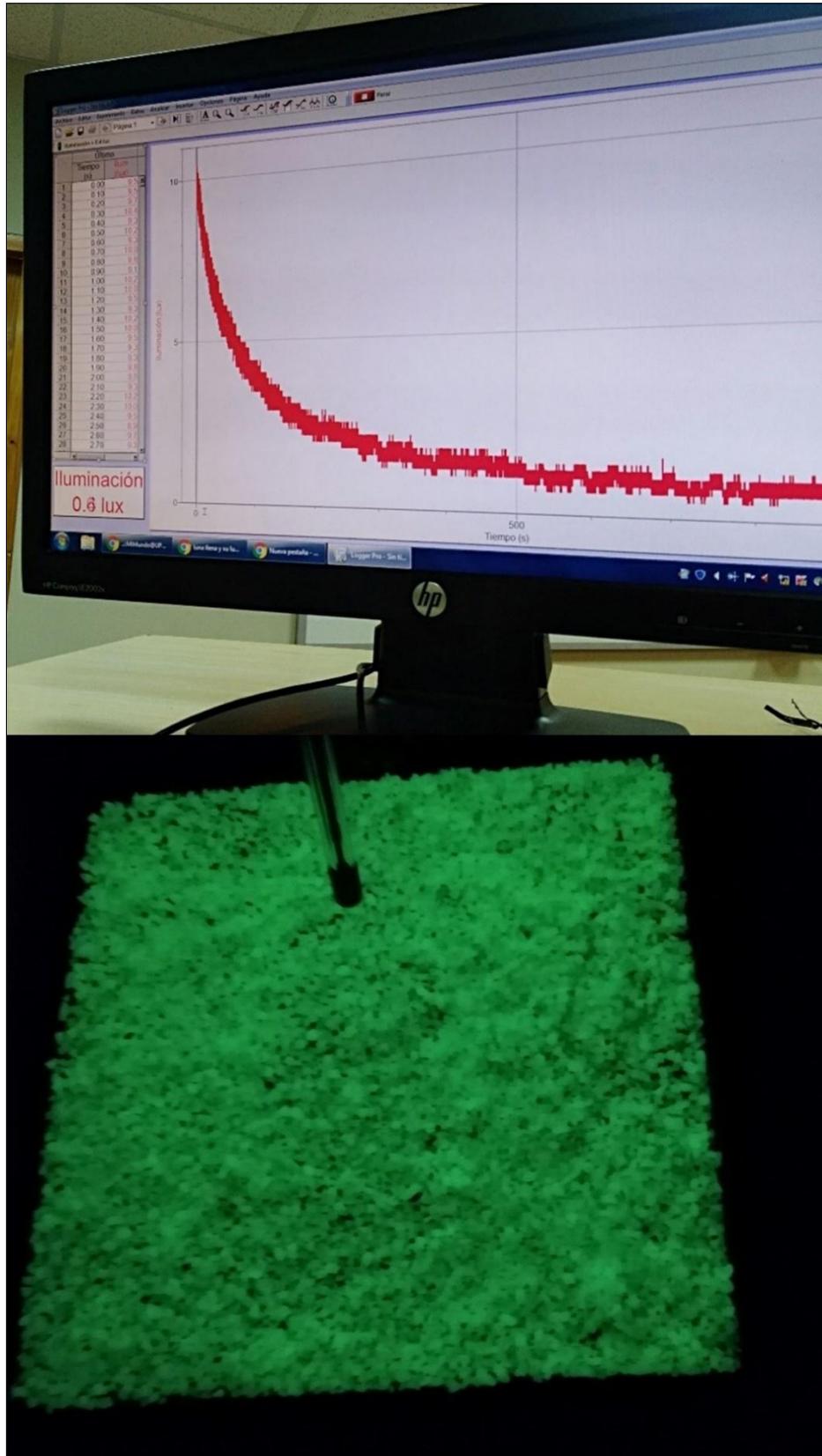
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 172: *Ejecución del ensayo con apoyo del asesor*



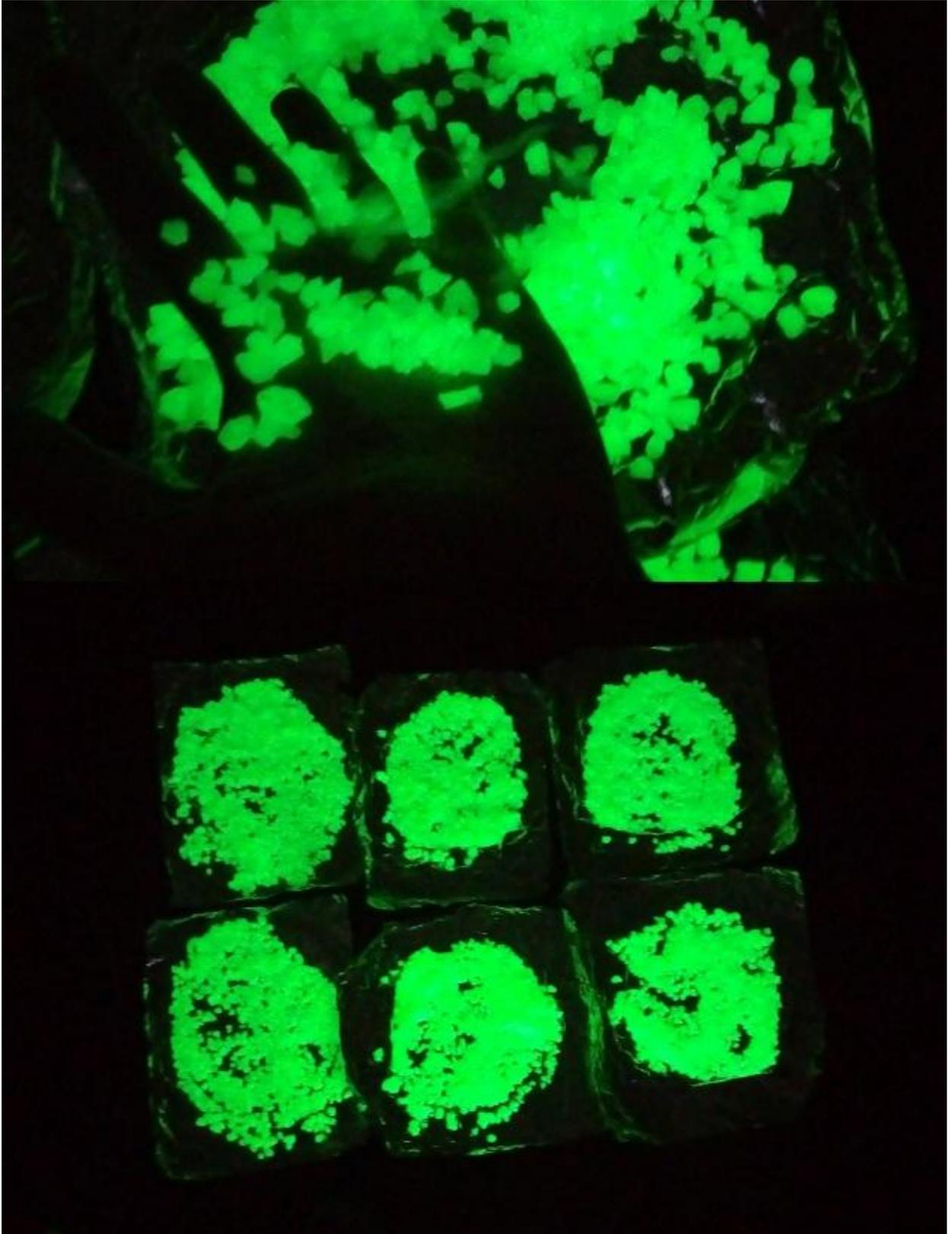
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 173: Lectura de luz



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 174: *Muestras de piedra fotoluminiscente cargadas*



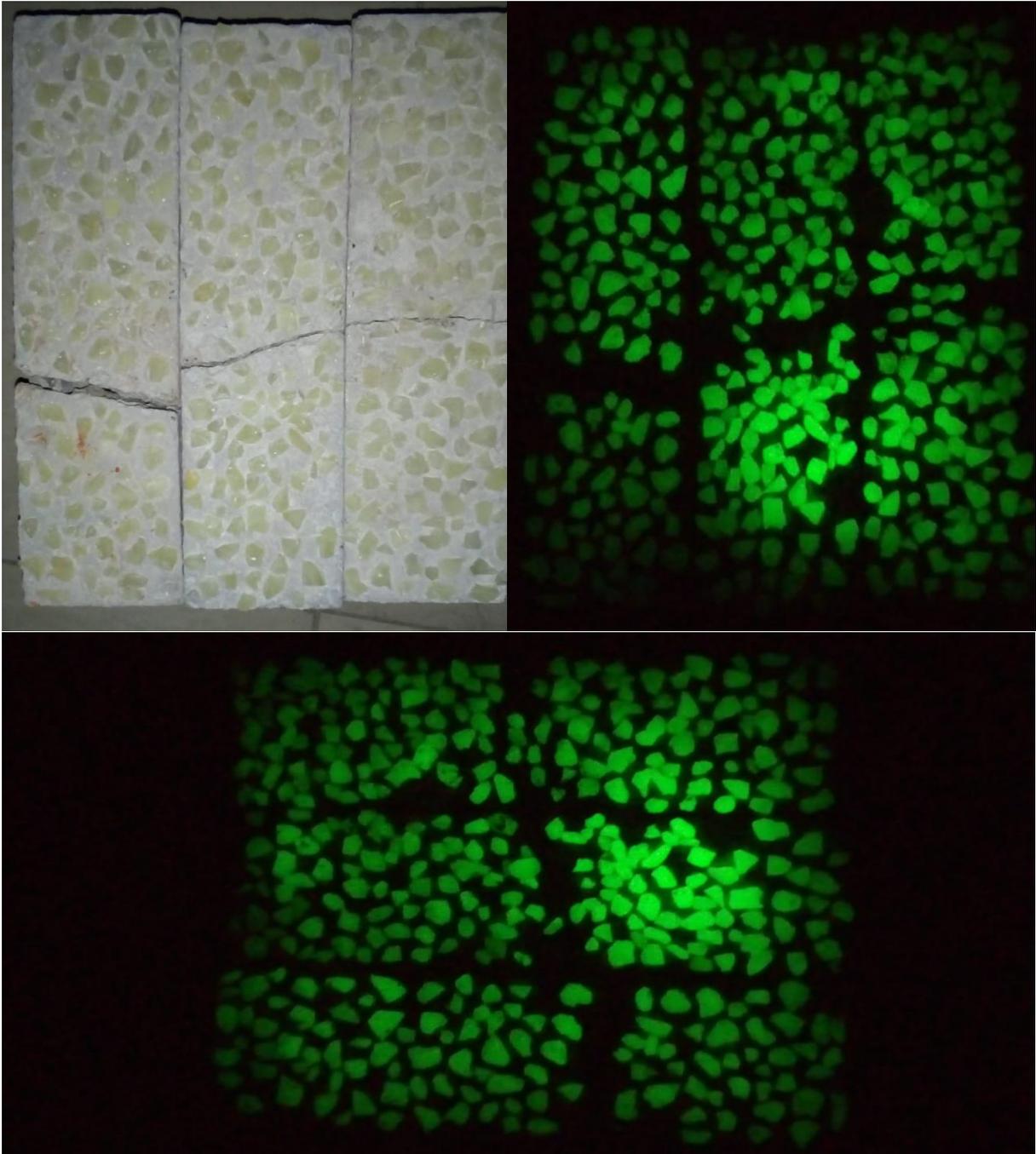
Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 175: Radiación de luz ultravioleta emitida por las lámparas y piedras



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 176: Vigas con piedras fotoluminiscentes



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 177: Testigos con piedras fotoluminiscentes



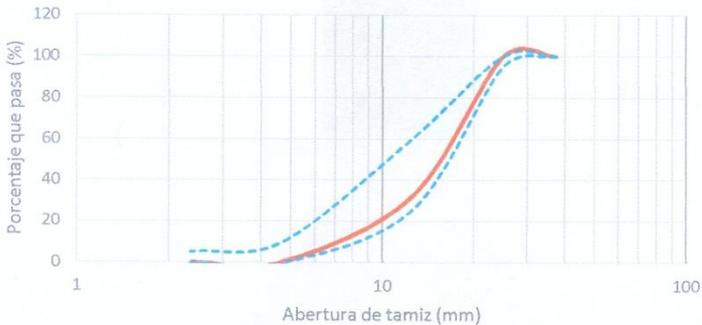
Fuente: Elaboración propia, 2018

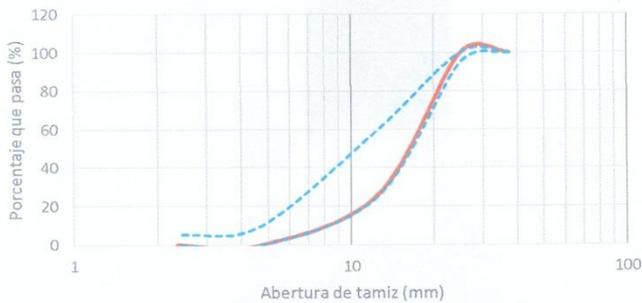
Figura 178: Figuras realizadas con las piedras fotoluminiscentes

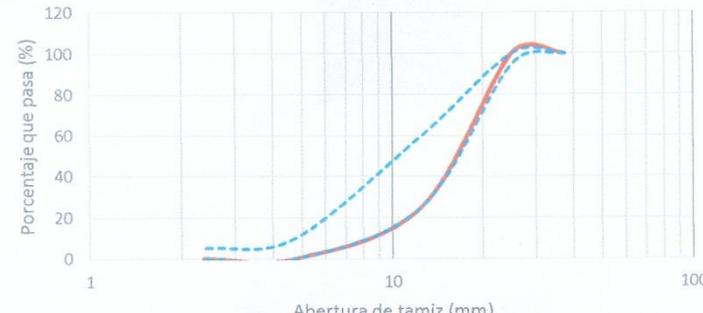
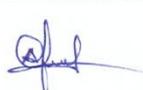


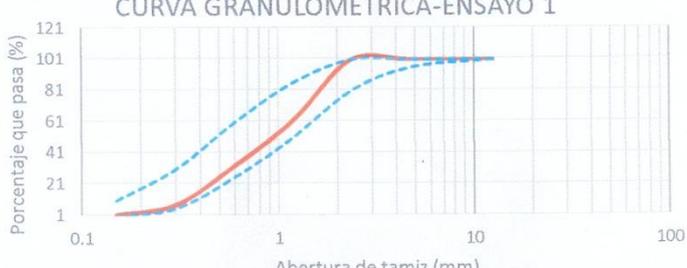
Fuente: Elaboración propia, 2018

ANEXO N°16: FICHAS DE OBSERVACIÓN

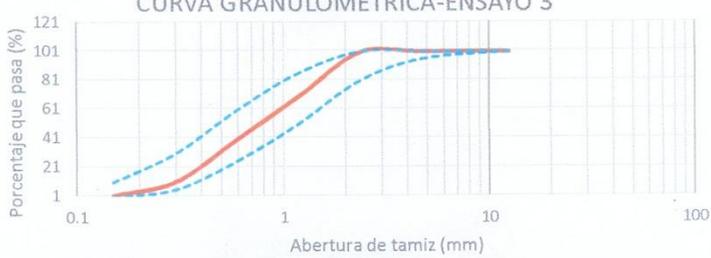
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		TESIS : INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018			
TESISTAS :		BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ			
CANTERA :		" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO	15/08/2018	
UBICACIÓN :		TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	15/08/2018	
			CÓDIGO DE ENSAYO	G-1.1	
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012					
PESO DE LA MUESTRA :		2000 g	TIPO DE AGREGADO :	GRUESO - PIEDRA DE 1"	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	1364.00	68.27	68.27	31.73
N°4	4.75	626.00	31.33	99.60	0.40
N°8	2.36	8.00	0.40	100.00	0.00
MÓDULO DE FINURA (MF)			8.59		
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037					
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 1-HUSO 57</p> 					
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO		
					
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO		
COD. UPN: N00107181	COD. UPN: N00112765	CIP: 107619			

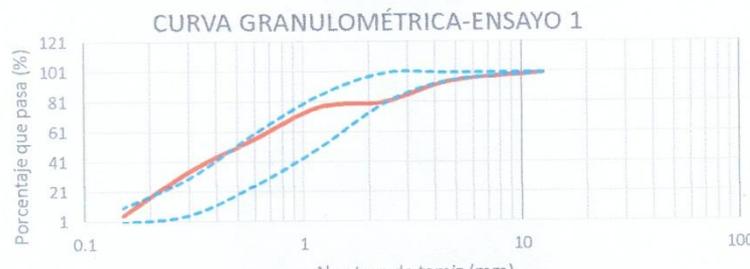
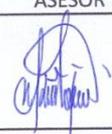
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO					
TESIS :		INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018			
TESISTAS :		BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ			
CANTERA :		" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO	15/08/2018	
UBICACIÓN :		TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	15/08/2018	
			CÓDIGO DE ENSAYO	G-1.2	
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012					
PESO DE LA MUESTRA :		2000 g	TIPO DE AGREGADO :	GRUESO - PIEDRA DE 1"	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	1482.00	74.10	74.10	25.90
Nº4	4.75	516.00	25.80	99.90	0.10
Nº8	2.36	2.00	0.10	100.00	0.00
MÓDULO DE FINURA (MF)			8.71		
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037					
<p style="text-align: center;">CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 2-HUSO 57</p> 					
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO		
					
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO		
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619			

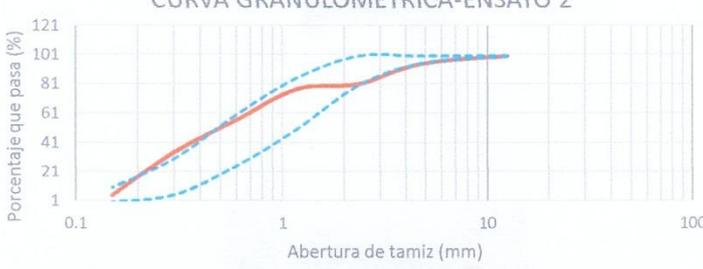
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																																							
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																																						
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																																						
CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO	15/08/2018																																				
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	15/08/2018																																				
		CÓDIGO DE ENSAYO	G-1.3																																				
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012																																							
PESO DE LA MUESTRA :	2000 g	TIPO DE AGREGADO :	GRUESO - PIEDRA DE 1"																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PORCENTAJE RETENIDO (%)</th> <th>RETENIDO ACUMULADO (%)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>25.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>12.50</td> <td>1498.00</td> <td>74.97</td> <td>74.97</td> <td>25.03</td> </tr> <tr> <td>N°4</td> <td>4.75</td> <td>498.00</td> <td>24.92</td> <td>99.90</td> <td>0.10</td> </tr> <tr> <td>N°8</td> <td>2.36</td> <td>2.00</td> <td>0.10</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>				TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	1/2"	12.50	1498.00	74.97	74.97	25.03	N°4	4.75	498.00	24.92	99.90	0.10	N°8	2.36	2.00	0.10	100.00	0.00
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)																																		
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																		
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00																																		
1/2"	12.50	1498.00	74.97	74.97	25.03																																		
N°4	4.75	498.00	24.92	99.90	0.10																																		
N°8	2.36	2.00	0.10	100.00	0.00																																		
MÓDULO DE FINURA (MF)		8.73																																					
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037																																							
<p style="text-align: center;">CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 3-HUSO 57</p> 																																							
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO																																				
																																							
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	WESLEY LEONARDO CARRASCO																																				
COD. UPN : N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619																																					

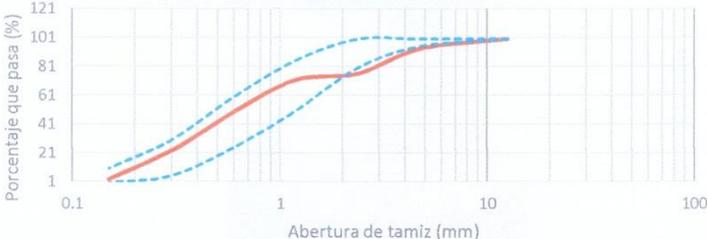
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																																																																							
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																																																																						
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																																																																						
CANTERA :	" H Y S " - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO	16/08/2018																																																																				
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	16/08/2018																																																																				
		CÓDIGO DE ENSAYO	G-2.1																																																																				
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012																																																																							
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PORCENTAJE RETENIDO (%)</th> <th>RETENIDO ACUMULADO (%)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>25.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>12.50</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>N°4</td><td>4.75</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>N°8</td><td>2.36</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>N° 16</td><td>1.18</td><td>196.00</td><td>39.20</td><td>39.20</td><td>60.80</td></tr> <tr><td>N°30</td><td>0.60</td><td>142.00</td><td>28.40</td><td>67.60</td><td>32.40</td></tr> <tr><td>N°50</td><td>0.30</td><td>126.00</td><td>25.20</td><td>92.80</td><td>7.20</td></tr> <tr><td>N°100</td><td>0.15</td><td>32.00</td><td>6.40</td><td>99.20</td><td>0.80</td></tr> <tr><td>FONDO</td><td>0.00</td><td>4.00</td><td>0.80</td><td>100.00</td><td>0.00</td></tr> </tbody> </table>						TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	N°8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00	N° 16	1.18	196.00	39.20	39.20	60.80	N°30	0.60	142.00	28.40	67.60	32.40	N°50	0.30	126.00	25.20	92.80	7.20	N°100	0.15	32.00	6.40	99.20	0.80	FONDO	0.00	4.00	0.80	100.00	0.00
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)																																																																		
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
N°8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
N° 16	1.18	196.00	39.20	39.20	60.80																																																																		
N°30	0.60	142.00	28.40	67.60	32.40																																																																		
N°50	0.30	126.00	25.20	92.80	7.20																																																																		
N°100	0.15	32.00	6.40	99.20	0.80																																																																		
FONDO	0.00	4.00	0.80	100.00	0.00																																																																		
MÓDULO DE FINURA		2.99																																																																					
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037																																																																							
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 1</p> 																																																																							
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO																																																																				
																																																																							
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	WESLEY LEONARDO CARRASCO Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil																																																																				
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619																																																																					

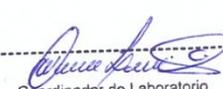
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																																																																							
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																																																																						
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																																																																						
CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO	16/08/2018																																																																				
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	16/08/2018																																																																				
		CÓDIGO DE ENSAYO	G-2.1																																																																				
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012																																																																							
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PORCENTAJE RETENIDO (%)</th> <th>RETENIDO ACUMULADO (%)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>25.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>12.50</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>Nº4</td><td>4.75</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>Nº8</td><td>2.36</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>Nº 16</td><td>1.18</td><td>174.00</td><td>34.80</td><td>34.80</td><td>65.20</td></tr> <tr><td>Nº30</td><td>0.60</td><td>140.00</td><td>28.00</td><td>62.80</td><td>37.20</td></tr> <tr><td>Nº50</td><td>0.30</td><td>134.00</td><td>26.80</td><td>89.60</td><td>10.40</td></tr> <tr><td>Nº100</td><td>0.15</td><td>46.00</td><td>9.20</td><td>98.80</td><td>1.20</td></tr> <tr><td>FONDO</td><td>0.00</td><td>6.00</td><td>1.20</td><td>100.00</td><td>0.00</td></tr> </tbody> </table>						TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	Nº4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00	Nº8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00	Nº 16	1.18	174.00	34.80	34.80	65.20	Nº30	0.60	140.00	28.00	62.80	37.20	Nº50	0.30	134.00	26.80	89.60	10.40	Nº100	0.15	46.00	9.20	98.80	1.20	FONDO	0.00	6.00	1.20	100.00	0.00
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)																																																																		
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
Nº4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
Nº8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																		
Nº 16	1.18	174.00	34.80	34.80	65.20																																																																		
Nº30	0.60	140.00	28.00	62.80	37.20																																																																		
Nº50	0.30	134.00	26.80	89.60	10.40																																																																		
Nº100	0.15	46.00	9.20	98.80	1.20																																																																		
FONDO	0.00	6.00	1.20	100.00	0.00																																																																		
MÓDULO DE FINURA			2.86																																																																				
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037																																																																							
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 2</p> 																																																																							
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO																																																																				
																																																																							
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	WESLEY LEONARDO CARRASCO																																																																				
COD. UPN: N00107181	COD. UPN: N00112765	CIP: 107619																																																																					

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018			
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ			
	CANtera :	" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO : 16/08/2018		
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN : 16/08/2018 CÓDIGO DE ENSAYO : G-2.1		
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012					
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA		
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	2.36	2.00	0.40	0.40	99.60
N° 16	1.18	154.00	30.80	31.20	68.80
N°30	0.60	144.00	28.80	60.00	40.00
N°50	0.30	148.00	29.60	89.60	10.40
N°100	0.15	48.00	9.60	99.20	0.80
FONDO	0.00	4.00	0.80	100.00	0.00
MÓDULO DE FINURA			2.8		
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037					
<p style="text-align: center;">CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 3</p> 					
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO		
					
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	WESLEY LEONARDO CARRASCO		
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619			

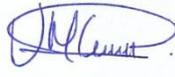
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																																																																					
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																																																																				
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																																																																				
CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO ORIGINAL	FECHA DE INICIO	02/04/2018																																																																		
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	02/04/2018																																																																		
		CÓDIGO DE ENSAYO	G-3.1																																																																		
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012																																																																					
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PORCENTAJE RETENIDO (%)</th> <th>RETENIDO ACUMULADO (%)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>25.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>12.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>N°4</td> <td>4.75</td> <td>26.75</td> <td>5.36</td> <td>5.36</td> <td>94.64</td> </tr> <tr> <td>N°8</td> <td>2.36</td> <td>68.75</td> <td>13.76</td> <td>19.12</td> <td>80.88</td> </tr> <tr> <td>N° 16</td> <td>1.18</td> <td>17.25</td> <td>3.45</td> <td>22.57</td> <td>77.43</td> </tr> <tr> <td>N°30</td> <td>0.60</td> <td>105.00</td> <td>21.02</td> <td>43.59</td> <td>56.41</td> </tr> <tr> <td>N°50</td> <td>0.30</td> <td>109.75</td> <td>21.97</td> <td>65.57</td> <td>34.43</td> </tr> <tr> <td>N°100</td> <td>0.15</td> <td>148.50</td> <td>29.73</td> <td>95.30</td> <td>4.70</td> </tr> <tr> <td>FONDO</td> <td>0.00</td> <td>23.50</td> <td>4.70</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>				TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	N°4	4.75	26.75	5.36	5.36	94.64	N°8	2.36	68.75	13.76	19.12	80.88	N° 16	1.18	17.25	3.45	22.57	77.43	N°30	0.60	105.00	21.02	43.59	56.41	N°50	0.30	109.75	21.97	65.57	34.43	N°100	0.15	148.50	29.73	95.30	4.70	FONDO	0.00	23.50	4.70	100.00	0.00
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)																																																																
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
N°4	4.75	26.75	5.36	5.36	94.64																																																																
N°8	2.36	68.75	13.76	19.12	80.88																																																																
N° 16	1.18	17.25	3.45	22.57	77.43																																																																
N°30	0.60	105.00	21.02	43.59	56.41																																																																
N°50	0.30	109.75	21.97	65.57	34.43																																																																
N°100	0.15	148.50	29.73	95.30	4.70																																																																
FONDO	0.00	23.50	4.70	100.00	0.00																																																																
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037																																																																					
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 1</p> 																																																																					
TESISTA	TESISTA	ASESOR	JEFE DE LABORATORIO																																																																		
																																																																					
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG.ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO																																																																		
COD. UPN: 62523	COD. UPN : 62492	CIP : 107619																																																																			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																																																																					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																																																																			
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																																																																				
CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO ORIGINAL	FECHA DE INICIO	02/04/2018																																																																		
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	02/04/2018																																																																		
		CÓDIGO DE ENSAYO	G-3.2																																																																		
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012																																																																					
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PORCENTAJE RETENIDO (%)</th> <th>RETENIDO ACUMULADO (%)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 1/2"</td><td>37.50</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>25.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>12.50</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>100.00</td></tr> <tr><td>N°4</td><td>4.75</td><td>32.25</td><td>6.46</td><td>6.46</td><td>93.54</td></tr> <tr><td>N°8</td><td>2.36</td><td>81.00</td><td>16.22</td><td>22.67</td><td>77.33</td></tr> <tr><td>N° 16</td><td>1.18</td><td>20.50</td><td>4.10</td><td>26.78</td><td>73.22</td></tr> <tr><td>N°30</td><td>0.60</td><td>112.00</td><td>22.42</td><td>49.20</td><td>50.80</td></tr> <tr><td>N°50</td><td>0.30</td><td>95.50</td><td>19.12</td><td>68.32</td><td>31.68</td></tr> <tr><td>N°100</td><td>0.15</td><td>137.50</td><td>27.53</td><td>95.85</td><td>4.15</td></tr> <tr><td>FONDO</td><td>0.00</td><td>20.75</td><td>4.15</td><td>100.00</td><td>0.00</td></tr> </tbody> </table>				TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	N°4	4.75	32.25	6.46	6.46	93.54	N°8	2.36	81.00	16.22	22.67	77.33	N° 16	1.18	20.50	4.10	26.78	73.22	N°30	0.60	112.00	22.42	49.20	50.80	N°50	0.30	95.50	19.12	68.32	31.68	N°100	0.15	137.50	27.53	95.85	4.15	FONDO	0.00	20.75	4.15	100.00	0.00
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)																																																																
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
N°4	4.75	32.25	6.46	6.46	93.54																																																																
N°8	2.36	81.00	16.22	22.67	77.33																																																																
N° 16	1.18	20.50	4.10	26.78	73.22																																																																
N°30	0.60	112.00	22.42	49.20	50.80																																																																
N°50	0.30	95.50	19.12	68.32	31.68																																																																
N°100	0.15	137.50	27.53	95.85	4.15																																																																
FONDO	0.00	20.75	4.15	100.00	0.00																																																																
MODULO DE FINURA																																																																					
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037																																																																					
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 2</p> 																																																																					
TESISTA	TESISTA	ASESOR	JEFE DE LABORATORIO																																																																		
																																																																					
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG.ING.WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Centro de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO																																																																		
COD. UPN: 62523	COD. UPN : 62492	CIP : 107619																																																																			

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																																																																					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																																																																			
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																																																																				
CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO ORIGINAL	FECHA DE INICIO	02/04/2018																																																																		
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	02/04/2018																																																																		
		CÓDIGO DE ENSAYO	G-3.3																																																																		
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA SEGÚN LA NTP 400.012																																																																					
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>ABERTURA (mm)</th> <th>PESO RETENIDO (g)</th> <th>PORCENTAJE RETENIDO (%)</th> <th>RETENIDO ACUMULADO (%)</th> <th>PORCENTAJE QUE PASA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>37.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>25.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>12.50</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>N°4</td> <td>4.75</td> <td>32.50</td> <td>6.52</td> <td>6.52</td> <td>93.48</td> </tr> <tr> <td>N°8</td> <td>2.36</td> <td>87.00</td> <td>17.44</td> <td>23.96</td> <td>76.04</td> </tr> <tr> <td>N° 16</td> <td>1.18</td> <td>22.00</td> <td>4.41</td> <td>28.37</td> <td>71.63</td> </tr> <tr> <td>N°30</td> <td>0.60</td> <td>109.75</td> <td>22.01</td> <td>50.38</td> <td>49.62</td> </tr> <tr> <td>N°50</td> <td>0.30</td> <td>135.00</td> <td>27.07</td> <td>77.44</td> <td>22.56</td> </tr> <tr> <td>N°100</td> <td>0.15</td> <td>100.50</td> <td>20.15</td> <td>97.59</td> <td>2.41</td> </tr> <tr> <td>FONDO</td> <td>0.00</td> <td>12.00</td> <td>2.41</td> <td>100.00</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>				TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	N°4	4.75	32.50	6.52	6.52	93.48	N°8	2.36	87.00	17.44	23.96	76.04	N° 16	1.18	22.00	4.41	28.37	71.63	N°30	0.60	109.75	22.01	50.38	49.62	N°50	0.30	135.00	27.07	77.44	22.56	N°100	0.15	100.50	20.15	97.59	2.41	FONDO	0.00	12.00	2.41	100.00	0.00
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)																																																																
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
3/4"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
3/8"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00																																																																
N°4	4.75	32.50	6.52	6.52	93.48																																																																
N°8	2.36	87.00	17.44	23.96	76.04																																																																
N° 16	1.18	22.00	4.41	28.37	71.63																																																																
N°30	0.60	109.75	22.01	50.38	49.62																																																																
N°50	0.30	135.00	27.07	77.44	22.56																																																																
N°100	0.15	100.50	20.15	97.59	2.41																																																																
FONDO	0.00	12.00	2.41	100.00	0.00																																																																
MODULO DE FINURA																																																																					
ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS PARA AGREGADOS SEGÚN LA NTP 400.037																																																																					
<p>CURVA GRANULOMÉTRICA-ENSAYO 3</p> 																																																																					
TESISTA	TESISTA	ASESOR	JEFE DE LABORATORIO																																																																		
																																																																					
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG.ING.WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO																																																																		
COD. UPN: 62523	COD. UPN : 62492	CIP : 107619																																																																			

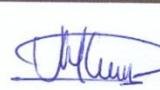
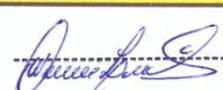
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018	
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ		
CANTERA :	" H Y S"	FECHA DE INICIO	13/08/2018
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	13/08/2018
		CÓDIGO DE ENSAYO	PUC-1
ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO SEGÚN LA NTP 400.017			
PESO DE LA MUESTRA :	2180 g	TIPO DE AGREGADO :	GRUESO - PIEDRA DE 1"
		N° DE ENSAYO	
MUESTRA	1	2	3
FACTOR DE CALIBRACIÓN (m-3)	71.10	71.10	71.10
PESO DEL AGUA (kg)	14.02	14.00	14.04
TEMPERATURA DEL AGUA (C°)	26.20	26.20	26.20
DENSIDAD (kg/m3)	996.72	996.72	996.72
VOLUMEN (m3)	0.01	0.01	0.01
PESO DEL MOLDE (kg)	5.50	5.50	5.50
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)	27.3	27.44	27.26
PESO DE LA MUESTRA (kg)	21.8	21.94	21.76
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)	1 550.04	1 559.64	1 547.2
PROMEDIO (kg/m3)	1552.29		
FÓRMULAS :			
$F = \frac{\text{Densidad del agua} \left(\frac{kg}{m^3} \right)}{W_a} \qquad M = (G - T) \times F$			
<p>F=FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (m-3) WA = PESO DEL AGUA DEL RECIPIENTE (kg) M= PESO UNITARIO DEL AGREGADO (kg/m3) G= PESO DEL RECIPIENTE DE MEDIDA MÁS EL AGREGADO(kg) T= PESO DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (kg) V=VOLUMEN DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (m3)</p>			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

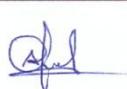
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018	
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	
	CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO 10/08/2018
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN 10/08/2018
			CÓDIGO DE ENSAYO PUC-2
ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO SEGÚN LA NTP 400.017			
PESO DE LA MUESTRA :	2274 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA
		N° DE ENSAYO	
MUESTRA		1	2
		3	
FACTOR DE CALIBRACIÓN (m-3)		71.10	71.10
PESO DEL AGUA (kg)		14.02	14.00
TEMPERATURA DEL AGUA (C°)		26.20	26.20
DENSIDAD (kg/m3)		996.72	996.72
VOLUMEN (m3)		0.01	0.01
PESO DEL MOLDE (kg)		5.50	5.50
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)		28.24	28.45
PESO DE LA MUESTRA (kg)		22.74	22.95
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m3)		1 616.88	1 631.81
PROMEDIO (kg/m3)		1624.82	
FÓRMULAS :			
$F = \frac{\text{Densidad del agua } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}{W_a} \qquad M = (G - T) \times F$			
<p>F=FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (m-3) WA = PESO DEL AGUA DEL RECIPIENTE (kg) M= PESO UNITARIO DEL AGREGADO (kg/m3) G= PESO DEL RECIPIENTE DE MEDIDA MÁS EL AGREGADO(kg) T= PESO DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (kg) V=VOLUMEN DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (m3)</p>			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
			 Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	WESLEY LEONARDO CARRASCO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

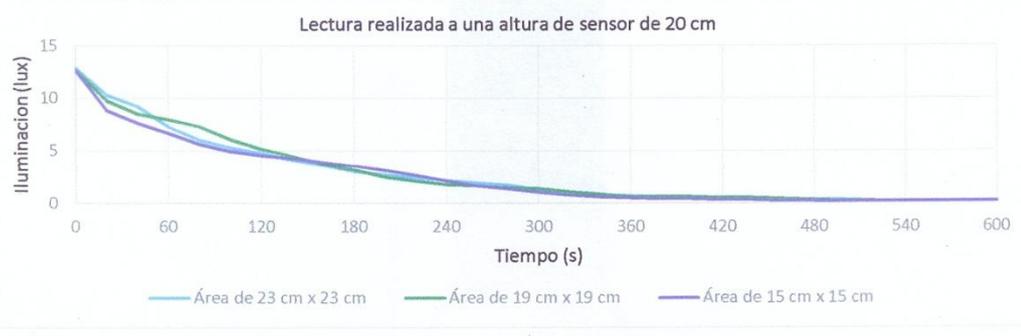
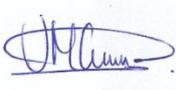
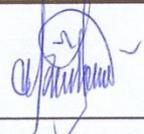
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																										
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																								
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																								
	CANTERA :	" H Y S"	FECHA DE INICIO 08/08/2018																							
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN 11/08/2018																							
			CÓDIGO DE ENSAYO ECH-1																							
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN LA NTP 339.185																										
PESO DE LA MUESTRA :	2000 g	TIPO DE AGREGADO :	GRUESO - PIEDRA DE 1"																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="3">N° DE ENSAYO</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)</td> <td>2 000.00</td> <td>2 000.00</td> <td>2 000.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA SECA (g)</td> <td>1 990.00</td> <td>1 990.00</td> <td>1 992.00</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO (%)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">0.47</td> </tr> </tbody> </table>				DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO			1	2	3	PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)	2 000.00	2 000.00	2 000.00	PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	1 990.00	1 990.00	1 992.00	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.50	0.50	0.40	PROMEDIO (%)	0.47		
DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO																									
	1	2	3																							
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)	2 000.00	2 000.00	2 000.00																							
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	1 990.00	1 990.00	1 992.00																							
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.50	0.50	0.40																							
PROMEDIO (%)	0.47																									
<p>FÓRMULA :</p> $P = \frac{W - D}{D} \times 100$ <p>P=CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD W=MASA DE LA MUESTRA HÚMEDA D=MASA DE LA MUESTRA SECA</p>																										
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO																							
																										
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO																							
COD. UPN : N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619																								

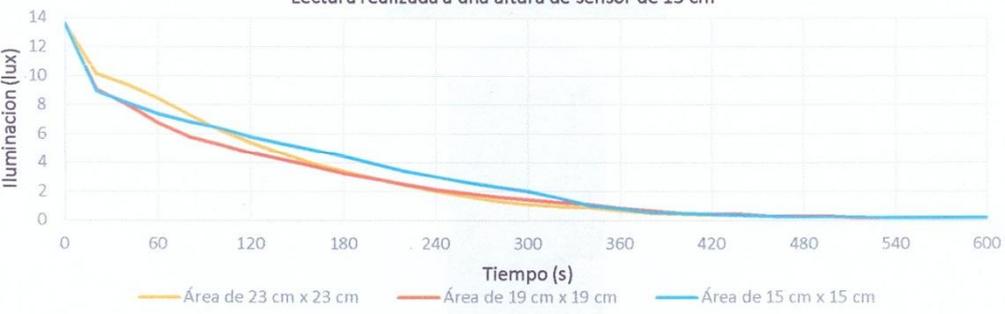
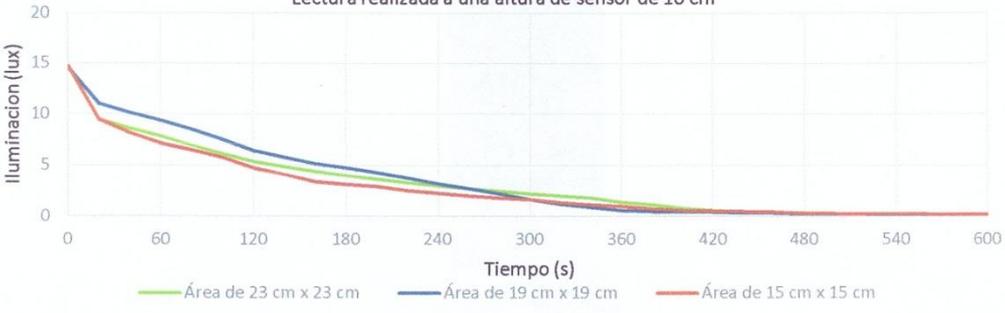
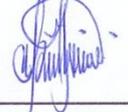
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																										
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																								
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																								
	CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO 08/08/2018																							
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN 11/08/2018																							
			CÓDIGO DE ENSAYO ECH-2																							
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN LA NTP 339.185																										
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DESCRIPCIÓN</th> <th colspan="3">N° DE ENSAYO</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)</td> <td>500.00</td> <td>500.00</td> <td>500.00</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA SECA (g)</td> <td>497.50</td> <td>497.49</td> <td>497.51</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> <td>0.50</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO (%)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">0.50</td> </tr> </tbody> </table>				DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO			1	2	3	PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)	500.00	500.00	500.00	PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	497.50	497.49	497.51	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.50	0.50	0.50	PROMEDIO (%)	0.50		
DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYO																									
	1	2	3																							
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA (g)	500.00	500.00	500.00																							
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	497.50	497.49	497.51																							
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.50	0.50	0.50																							
PROMEDIO (%)	0.50																									
<p>FÓRMULA :</p> $P = \frac{W - D}{D} \times 100$ <p>P=CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD W=MASA DE LA MUESTRA HUMEDA D=MASA DE LA MUESTRA SECA</p>																										
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO																							
			 Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil																							
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	WESLEY LEONARDO CARRASCO																							
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619																								

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018		
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ		
CANTERA :	" H Y S"	FECHA DE INICIO	09/08/2018
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	12/08/2018
		CÓDIGO DE ENSAYO	PEABS-1
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN SEGÚN LA NTP 400.022			
PESO DE LA MUESTRA :	2 000 g	TIPO DE AGREGADO :	GRUESO - PIEDRA DE 1"
		N° DE ENSAYO	
MUESTRA	1	2	3
PESO DE LA REJILLA (g)	1 602.00	1 602.00	1 602.00
PESO SUMERGIDO + TARA (g)	2 870.00	2 870.00	2 872.00
PESO SUMERGIDO (g)	1 268.00	1 268.00	1 270.00
TEMPERATURA DEL TANQUE (C°)	22.20	22.20	22.20
PESO DE LA TARA (g)	270.00	299.50	283.00
PESO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (g)	2 009.00	2 012.00	2 014.00
PESO SECO (g)	1 990.00	1 990.00	1 992.00
PESO ESPECÍFICO DE MASA (Pem) (kg/m3)	2 685.56	2 674.73	2 677.42
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (kg/m3)	2 711.20	2 704.30	2 706.99
PESO ESPECÍFICO APARENTE (kg/m3)	2 756.23	2 756.23	2 759.00
ABSORCIÓN (%)	0.95	1.11	1.10
PROMEDIO (%)	1.05		
FÓRMULAS :			
$Pem = \frac{A}{B - C} \times 100 \qquad Ab(\%) = \frac{(B - A)}{A} \times 100$ $Pess = \frac{B}{B - C} \times 100 \qquad Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$			
<p>A = PESO DE LA MUESTRA SECA EN EL AIRE (g) B = PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN EL AIRE (g) C = PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA (g)</p>			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
			 Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	WESLEY LEONARDO CARRASCO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018		
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ		
CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO	09/08/2018
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	12/08/2018
		CÓDIGO DE ENSAYO	PEABS-2
ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN SEGÚN LA NTP 400.021			
PESO DE LA MUESTRA :	500 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA
		N° DE ENSAYO	
MUESTRA		1	2
		3	
PESO DE MUESTRA PREPARADA (g)		500.00	500.00
PESO DEL FRASCO SIN AGUA (g)		166.00	172.00
PESO DEL FRASCO VOLUMÉTRICO CON AGUA HASTA LOS 1000 CM3 (g)		664.00	670.00
VOLUMEN DEL FRASCO (g)		498.00	498.00
PESO DEL FRASCO VOLUMÉTRICO + MUESTRA PREPARADA (g)		978.00	982.00
PESO EN GRAMOS O VOLUMEN EN cm3 DE AGUA AÑADIDA AL FRASCO (g)		314.00	312.00
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (g)		497.00	496.00
PESO ESPECÍFICO DE MASA (Pem) (kg/m3)		2.70	2.67
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (Pess) (kg/m3)		2.72	2.69
PESO ESPECÍFICO APARENTE (Pea) (kg/m3)		2.75	2.73
ABSORCIÓN (%)		0.60	0.81
PROMEDIO (%)		0.67	
FÓRMULAS : $P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$ $P_{ess} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$ $A_b = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$ <p>PEM=PESO ESPECÍFICO DE MASA (g) WO=PESO SECO (g) V=VOLUMEN DEL FRASCO (cm3) VA= VOLUMEN DE AGUA AÑADIDA (cm3)</p>			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018	
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	
	CANTERA :	" H Y S" - AGREGADO MODIFICADO	FECHA DE INICIO 10/08/2018
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN 10/08/2018
			CÓDIGO DE ENSAYO PUS-2
ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO SEGÚN LA NTP 400.017			
PESO DE LA MUESTRA :	2072 g	TIPO DE AGREGADO :	FINO - ARENA GRUESA
		N° DE ENSAYO	
MUESTRA		1	2
		3	
FACTOR DE CALIBRACIÓN (m-3)		71.10	71.10
PESO DEL AGUA (kg)		14.02	14.00
TEMPERATURA DEL AGUA (C°)		26.20	26.20
DENSIDAD (kg/m3)		996.72	996.72
VOLUMEN (m3)		0.01	0.01
PESO DEL MOLDE (kg)		5.50	5.50
PESO DEL MOLDE + MUESTRA (kg)		26.22	26.28
PESO DE LA MUESTRA (kg)		20.72	20.78
PESO UNITARIO SUELTO(kg/m3)		1 473.39	1 477.16
PROMEDIO (kg/m3)		1 476.62	
FÓRMULAS :			
$F = \frac{\text{Densidad del agua} \left(\frac{kg}{m^3}\right)}{W_a} \qquad M = (G - T) \times F$			
<p>F=FACTOR DE CALIBRACIÓN DEL RECIPIENTE (m-3) WA = PESO DEL AGUA DEL RECIPIENTE (kg) M= PESO UNITARIO DEL AGREGADO (kg/m3) G= PESO DEL RECIPIENTE DE MEDIDA MÁS EL AGREGADO(kg) T= PESO DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (kg) V=VOLUMEN DEL RECIPIENTE DE MEDIDA (m3)</p>			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	Coordinador de Laboratorio Carrera de Ingeniería Civil WESLEY LEONARDO CARRASCO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
TESIS :		INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018	
TESISTAS :		BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	
LABORATORIO :	LABORATORIO DE FISICA - UPN	FECHA DE INICIO	20/08/2018
UBICACIÓN :	TRUJILLO - SAN ISIDRO	FECHA DE FIN	20/09/2018
		CÓDIGO DE ENSAYO	EL-1
PESO DE LA MUESTRA :	150 g	TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA FOTOLUMINISCENTE
ENSAYO DE ILUMINACIÓN VARIANDO LAS DIMENSIONES DEL CONTENEDOR EXPUESTOS A UNA LÁMPARA HALÓGENA DE 4930.82 LUX Y A UNA ALTURA DEL SENSOR VARIABLE, PRESENTA LO SIGUIENTES GRÁFICOS:			
<p>Lectura realizada a una altura de sensor de 25 cm</p>  <p>Iluminación (lux)</p> <p>Tiempo (s)</p> <p>Área de 23 cm x 23 cm Área de 19 cm x 19 cm Área de 15 cm x 15 cm</p>			
<p>Lectura realizada a una altura de sensor de 20 cm</p>  <p>Iluminación (lux)</p> <p>Tiempo (s)</p> <p>Área de 23 cm x 23 cm Área de 19 cm x 19 cm Área de 15 cm x 15 cm</p>			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE FISICA
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	LIC. DANIEL DELFIN NARCISO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018	
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	
	LABORATORIO :	LABORATORIO DE FISICA - UPN	FECHA DE INICIO 20/08/2018
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - SAN ISIDRO	FECHA DE FIN 20/09/2018
			CÓDIGO DE ENSAYO EL-2
	PESO DE LA MUESTRA :	150 g	TIPO DE AGREGADO : PIEDRA FOTOLUMINISCENTE
ENSAYO DE ILUMINACIÓN VARIANDO LAS DIMENSIONES DEL CONTENEDOR EXPUESTOS A UNA LÁMPARA HALÓGENA DE 4930.82 LUX Y A UNA ALTURA DEL SENSOR VARIABLE, PRESENTA LO SIGUIENTES GRÁFICOS:			
<p>Lectura realizada a una altura de sensor de 15 cm</p> 			
<p>Lectura realizada a una altura de sensor de 10 cm</p> 			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE FÍSICA
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	LIC. DANIEL DELFIN NARCISO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																																																																																																			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																																																																																																	
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																																																																																																	
LABORATORIO :	LABORATORIO DE FISICA - UPN	FECHA DE INICIO	20/08/2018																																																																																																
UBICACIÓN :	TRUJILLO - SAN ISIDRO	FECHA DE FIN	20/09/2018																																																																																																
		CÓDIGO DE ENSAYO	EL-6																																																																																																
PESO DE LA MUESTRA :	150 g	TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA FOTOLUMINISCENTE																																																																																																
ENSAYO VARIANDO LA LUZ EMITIDA POR LA LÁMPARA HALÓGENA(4930.82 LUX, 1759.38 LUX Y 451.34 LUX)																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIEMPO(s)</th> <th colspan="3">EXPOSICIÓN A 4930.82 LUX</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>13.4758</td><td>13.9145</td><td>13.8519</td></tr> <tr><td>100</td><td>6.8946</td><td>3.8234</td><td>3.886</td></tr> <tr><td>200</td><td>2.3818</td><td>2.0057</td><td>2.0684</td></tr> <tr><td>300</td><td>1.755</td><td>0.6895</td><td>1.4416</td></tr> <tr><td>400</td><td>0.6268</td><td>0.3761</td><td>0.3761</td></tr> <tr><td>500</td><td>0.2507</td><td>0.188</td><td>0.2507</td></tr> <tr><td>600</td><td>0.188</td><td>0.188</td><td>0.188</td></tr> <tr> <th>TIEMPO(s)</th> <th colspan="3">EXPOSICIÓN A 1759.38 LUX</th> </tr> <tr><td>0</td><td>12.2849</td><td>12.2222</td><td>12.4103</td></tr> <tr><td>100</td><td>6.5812</td><td>5.5783</td><td>4.6382</td></tr> <tr><td>200</td><td>2.4444</td><td>2.6325</td><td>2.8205</td></tr> <tr><td>300</td><td>0.8775</td><td>0.6895</td><td>0.6895</td></tr> <tr><td>400</td><td>0.3761</td><td>0.3761</td><td>0.3761</td></tr> <tr><td>500</td><td>0.188</td><td>0.188</td><td>0.188</td></tr> <tr><td>600</td><td>0.188</td><td>0.188</td><td>0.188</td></tr> <tr> <th>TIEMPO(s)</th> <th colspan="3">EXPOSICIÓN A 451.34 LUX</th> </tr> <tr><td>0</td><td>9.8405</td><td>9.5897</td><td>9.7778</td></tr> <tr><td>100</td><td>4.3875</td><td>4.5755</td><td>5.0142</td></tr> <tr><td>200</td><td>1.1909</td><td>1.8803</td><td>2.5698</td></tr> <tr><td>300</td><td>0.4387</td><td>0.3761</td><td>0.4387</td></tr> <tr><td>400</td><td>0.188</td><td>0.188</td><td>0.188</td></tr> <tr><td>500</td><td>0.188</td><td>0.188</td><td>0.188</td></tr> <tr><td>600</td><td>0.188</td><td>0.188</td><td>0.188</td></tr> </tbody> </table>				TIEMPO(s)	EXPOSICIÓN A 4930.82 LUX			0	13.4758	13.9145	13.8519	100	6.8946	3.8234	3.886	200	2.3818	2.0057	2.0684	300	1.755	0.6895	1.4416	400	0.6268	0.3761	0.3761	500	0.2507	0.188	0.2507	600	0.188	0.188	0.188	TIEMPO(s)	EXPOSICIÓN A 1759.38 LUX			0	12.2849	12.2222	12.4103	100	6.5812	5.5783	4.6382	200	2.4444	2.6325	2.8205	300	0.8775	0.6895	0.6895	400	0.3761	0.3761	0.3761	500	0.188	0.188	0.188	600	0.188	0.188	0.188	TIEMPO(s)	EXPOSICIÓN A 451.34 LUX			0	9.8405	9.5897	9.7778	100	4.3875	4.5755	5.0142	200	1.1909	1.8803	2.5698	300	0.4387	0.3761	0.4387	400	0.188	0.188	0.188	500	0.188	0.188	0.188	600	0.188	0.188	0.188
TIEMPO(s)	EXPOSICIÓN A 4930.82 LUX																																																																																																		
0	13.4758	13.9145	13.8519																																																																																																
100	6.8946	3.8234	3.886																																																																																																
200	2.3818	2.0057	2.0684																																																																																																
300	1.755	0.6895	1.4416																																																																																																
400	0.6268	0.3761	0.3761																																																																																																
500	0.2507	0.188	0.2507																																																																																																
600	0.188	0.188	0.188																																																																																																
TIEMPO(s)	EXPOSICIÓN A 1759.38 LUX																																																																																																		
0	12.2849	12.2222	12.4103																																																																																																
100	6.5812	5.5783	4.6382																																																																																																
200	2.4444	2.6325	2.8205																																																																																																
300	0.8775	0.6895	0.6895																																																																																																
400	0.3761	0.3761	0.3761																																																																																																
500	0.188	0.188	0.188																																																																																																
600	0.188	0.188	0.188																																																																																																
TIEMPO(s)	EXPOSICIÓN A 451.34 LUX																																																																																																		
0	9.8405	9.5897	9.7778																																																																																																
100	4.3875	4.5755	5.0142																																																																																																
200	1.1909	1.8803	2.5698																																																																																																
300	0.4387	0.3761	0.4387																																																																																																
400	0.188	0.188	0.188																																																																																																
500	0.188	0.188	0.188																																																																																																
600	0.188	0.188	0.188																																																																																																
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE FÍSICA																																																																																																
																																																																																																			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	LIC. DANIEL DELFIN NARCISO																																																																																																
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619																																																																																																	

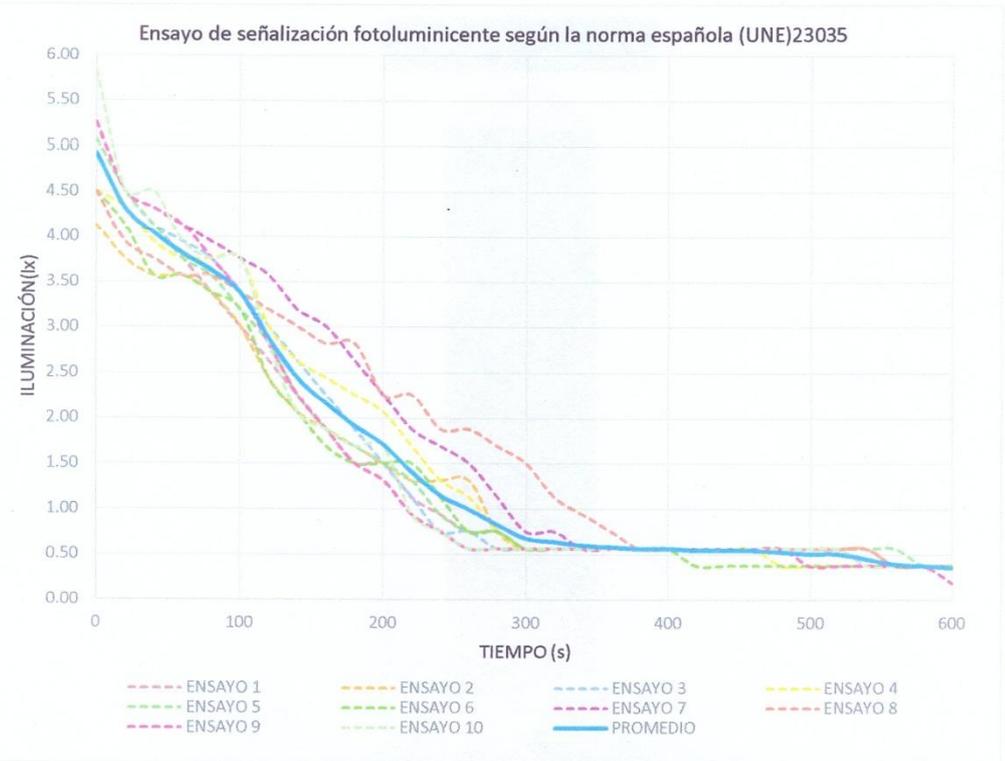
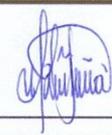
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018	
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	
	LABORATORIO :	LABORATORIO DE FISICA - UPN	FECHA DE INICIO 20/08/2018
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - SAN ISIDRO	FECHA DE FIN 20/09/2018
			CÓDIGO DE ENSAYO EL-7
	PESO DE LA MUESTRA :	150 g	TIPO DE AGREGADO : PIEDRA FOTOLUMINISCENTE
RADIACIÓN EMITIDA POR LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES			
LÁMPARA	RADIACIÓN UV QUE EMITE LA LÁMPARA	RADIACIÓN UV QUE RECIBE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES	RADIACIÓN UV QUE EMITEN LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES DESPUÉS DE SER CARGADAS CON LA LÁMPARA
Halógena de 1000 watts	0.5200 mW/cm ²	0.5200 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²
Halógena de 500 watts	0.4600 mW/cm ²	0.4600 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²
Bombilla incandescente	0.1500 mW/cm ²	0.1500 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²
Bombilla LED 1000 lux	0.0000 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²	0.0000 mW/cm ²
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE FÍSICA
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	LIC. DANIEL DELFIN NARCISO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

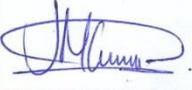
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018	
	TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	
	LABORATORIO :	LABORATORIO DE FISICA - UPN	FECHA DE INICIO 20/08/2018
	UBICACIÓN :	TRUJILLO - SAN ISIDRO	FECHA DE FIN 20/09/2018
			CÓDIGO DE ENSAYO EL-8
	PESO DE LA MUESTRA :	150 g	TIPO DE AGREGADO : PIEDRA FOTOLUMINISCENTE
ENSAYO REALIZADO AL CONCRETO CON INCRUSTACIONES DE PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES			

ENSAYO REALIZADO A 15 CM DE ALTURA DEL SENSOR				
TIEMPO (s)	ENSAYO 1 (lux)	ENSAYO 2 (lux)	ENSAYO 3 (lux)	PROMEDIO (lux)
0	5.2650	5.0769	4.8889	5.0769
100	2.6325	3.3846	2.8205	2.9459
200	1.5043	2.2564	1.5043	1.7550
300	0.7521	1.1282	0.7521	0.8775
400	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
500	0.3761	0.5641	0.3761	0.4387
600	0.1880	0.3761	0.1880	0.2507

ENSAYO REALIZADO A 40 CM DE ALTURA DEL SENSOR				
TIEMPO (s)	ENSAYO 1 (lux)	ENSAYO 2 (lux)	ENSAYO 3 (lux)	PROMEDIO (lux)
0	4.3248	4.5128	4.1368	4.3248
100	2.8205	3.0085	2.8205	2.8832
200	1.6923	2.2564	1.6923	1.8803
300	0.7521	1.5043	0.9402	1.0655
400	0.5641	0.5641	0.5641	0.5641
500	0.3761	0.3761	0.3761	0.3761
600	0.1880	0.3761	0.3761	0.3134

TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE FÍSICA
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	LIC. DANIEL DELFIN NARCISO
COD. UPN: N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO			
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018		
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ		
LABORATORIO :	LABORATORIO DE FISICA - UPN	FECHA DE INICIO	20/08/2018
UBICACIÓN :	TRUJILLO - SAN ISIDRO	FECHA DE FIN	20/09/2018
		CÓDIGO DE ENSAYO	EL-8
PESO DE LA MUESTRA :	150 g	TIPO DE AGREGADO :	PIEDRA FOTOLUMINISCENTE
ILUMINACIÓN EMITIDA SEGÚN LA NORMA ESPAÑOLA (UNE) 23035			
<p>Ensayo de señalización fotoluminiscente según la norma española (UNE)23035</p>  <p>Legend:</p> <ul style="list-style-type: none"> ENSAYO 1 (dashed red) ENSAYO 2 (dashed orange) ENSAYO 3 (dashed blue) ENSAYO 4 (dashed yellow) ENSAYO 5 (dashed green) ENSAYO 6 (dashed purple) ENSAYO 7 (dashed pink) ENSAYO 8 (dashed brown) ENSAYO 9 (dashed cyan) ENSAYO 10 (dashed magenta) PROMEDIO (solid blue) 			
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE FÍSICA
			
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG. ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	LIC. DANIEL DELFIN NARCISO
COD. UPN : N00107181	COD. UPN : N00112765	CIP : 107619	

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE - TRUJILLO																							
TESIS :	INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO-2018																						
TESISTAS :	BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ																						
LABORATORIO :	LABORATORIO DE MINAS	FECHA DE INICIO	25/09/2018																				
UBICACIÓN :	TRUJILLO - HUANCHACO - EL MILAGRO	FECHA DE FIN	25/09/2018																				
		CÓDIGO DE ENSAYO	RF-1																				
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS 339.078																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">DIMENSIONES DEL TESTIGO</th> </tr> <tr> <th>ANCHO (cm)</th> <th>LARGO (cm)</th> <th>PERALTE (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>22</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>				DIMENSIONES DEL TESTIGO			ANCHO (cm)	LARGO (cm)	PERALTE (cm)	6	22	6											
DIMENSIONES DEL TESTIGO																							
ANCHO (cm)	LARGO (cm)	PERALTE (cm)																					
6	22	6																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">TESTIGO PATRÓN</th> </tr> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>PP-1</th> <th>PP-2</th> <th>PP-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CARGA (kg)</td> <td>348.54</td> <td>368.97</td> <td>381.17</td> </tr> <tr> <td>RESISTENCIA (kg/cm²)</td> <td>43.57</td> <td>46.12</td> <td>47.65</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO (kg/cm²)</td> <td colspan="3">45.78</td> </tr> </tbody> </table>				TESTIGO PATRÓN				DESCRIPCIÓN	PP-1	PP-2	PP-3	CARGA (kg)	348.54	368.97	381.17	RESISTENCIA (kg/cm ²)	43.57	46.12	47.65	PROMEDIO (kg/cm ²)	45.78		
TESTIGO PATRÓN																							
DESCRIPCIÓN	PP-1	PP-2	PP-3																				
CARGA (kg)	348.54	368.97	381.17																				
RESISTENCIA (kg/cm ²)	43.57	46.12	47.65																				
PROMEDIO (kg/cm ²)	45.78																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">TESTIGO CON CUARZO</th> </tr> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>PC-1</th> <th>PC-2</th> <th>PC-3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CARGA (kg)</td> <td>338.67</td> <td>374.56</td> <td>387.08</td> </tr> <tr> <td>RESISTENCIA (kg/cm²)</td> <td>42.33</td> <td>46.82</td> <td>48.39</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO (kg/cm²)</td> <td colspan="3">45.85</td> </tr> </tbody> </table>				TESTIGO CON CUARZO				DESCRIPCIÓN	PC-1	PC-2	PC-3	CARGA (kg)	338.67	374.56	387.08	RESISTENCIA (kg/cm ²)	42.33	46.82	48.39	PROMEDIO (kg/cm ²)	45.85		
TESTIGO CON CUARZO																							
DESCRIPCIÓN	PC-1	PC-2	PC-3																				
CARGA (kg)	338.67	374.56	387.08																				
RESISTENCIA (kg/cm ²)	42.33	46.82	48.39																				
PROMEDIO (kg/cm ²)	45.85																						
FÓRMULA :	$R = \frac{3Pl}{2bd^2}$ <p>R= MÓDULO DE ROTURA (kg/cm²) P=MÁXIMA CARGA APLICADA (kg.f) l=LONGITUD DE LUZ ENTRE APOYOS (cm) b=ANCHO PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm) d = PERALTE PROMEDIO DEL ESPÉCIMEN (cm)</p>																						
TESISTA	TESISTA	ASESOR	LABORATORIO DE ROCAS																				
			 Julio Gurreonero Fernández Supervisor de Lab. Minas y Ambiental UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE																				
BR. JAZMITH ALEXANDRA MEDINA GONZALEZ	BR. JHEYSSON LUIS MORENO CRUZ	MG.ING. WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA	JULIO CESAR GURREONERO																				
COD. UPN: 62523	COD. UPN : 62492	CIP : 107619																					

ANEXO N°17: CONSTANCIA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO



CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que los Sres. Medina Gonzalez Jazmith Alexandra y Moreno Cruz Jheysson Luis, identificados con D.N.I N° 70284037 y N°74217795 respectivamente, han realizado ensayos de granulometría, absorción, contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico y resistencia a la compresión de especímenes de concreto en las instalaciones del laboratorio de Estructuras y Concreto de esta universidad, requeridos para la tesis ***"INFLUENCIA DE LAS PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES EN LA ILUMINACIÓN Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO, TRUJILLO - 2018"***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 26 de noviembre del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

**ANEXO N°18: PRESUPUESTO – PARTIDA DE LOSA DE CONCRETO CON
PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES**

• Para losa de concreto $e=0.15$ – piedras fotoluminiscentes 0.152 kg/m^2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					1.01
OPERARIO	HH	3.0000	0.0400	7.20	0.288
PEON	HH	8.0000	0.2000	3.60	0.72
MATERIALES					80.72
ARENA GRUESA	M3		0.0410	25.00	1.02
PIEDRA CHANCADA DE 1"	M3		0.0532	35.00	1.86
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	BOL		1.5526	25.00	38.82
AGUA	M3		0.0318	5.86	0.19
PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES	KG		0.1520	255.45	38.83
EQUIPOS					95.00
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP	HM	1.0000	0.4000	50.00	20.00
HERRAMIENTAS MANULES	%MO		3.0000	25.00	75.00

Rendimiento: $20\text{m}^2/\text{día}$

Total: s/. 176.72

• Para losa de concreto $e=0.15$ – piedras fotoluminiscentes 0.765 kg/m^2

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					1.01
OPERARIO	HH	3.0000	0.0400	7.20	0.288
PEON	HH	8.0000	0.2000	3.60	0.72
MATERIALES					237.31
ARENA GRUESA	M3		0.0410	25.00	1.02
PIEDRA CHANCADA DE 1"	M3		0.0532	35.00	1.86
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	BOL		1.5526	25.00	38.82
AGUA	M3		0.0318	5.86	0.19
PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES	KG		0.7650	255.45	195.42
EQUIPOS					95.00
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP	HM	1.0000	0.4000	50.00	20.00
HERRAMIENTAS MANULES	%MO		3.0000	25.00	75.00

Rendimiento: $20\text{m}^2/\text{día}$

Total: s/. 333.10

• Para losa de concreto $e=0.15$ – piedras fotoluminiscentes 0.905 kg/m^2

Rendimiento: $20\text{m}^2/\text{día}$

Total: s/. 369.08

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
MANO DE OBRA					1.01
OPERARIO	HH	3.0000	0.0400	7.20	0.288
PEON	HH	8.0000	0.2000	3.60	0.72
MATERIALES					273.07
ARENA GRUESA	M3		0.0410	25.00	1.02
PIEDRA CHANCADA DE 1"	M3		0.0532	35.00	1.86
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	BOL		1.5526	25.00	38.82
AGUA	M3		0.0318	5.86	0.19
PIEDRAS FOTOLUMINISCENTES	KG		0.9050	255.45	231.18
EQUIPOS					95.00
MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP	HM	1.0000	0.4000	50.00	20.00
HERRAMIENTAS MANULES	%MO		3.0000	25.00	75.00