

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL ADITIVO SIKA® LIGHTCRETE
PE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN,
ASENTAMIENTO Y PESO UNITARIO DE UN
CONCRETO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE
TRUJILLO – 2019.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Joe D'coning Yépez Cruzado

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020



DEDICATORIA

A Dios:

Por guiarme por el camino correcto, permitirme conocer a las personas correctas y brindarme la fortaleza necesaria para afrontar cualquier obstáculo presentado a lo largo de esta etapa, “La Vida Universitaria”.

A mi Familia:

Por todo el esfuerzo realizado para formarme, sin ustedes no sería la persona que soy ahora, por sus motivaciones, valores y amor incondicional; hoy les dedico este logro, porque para llegar aquí trabajamos juntos como la familia que somos.

A mis amigos:

Por apoyarme en todo momento, por los momentos vividos y por hacer que estos años compartidos dejen experiencias confortables y llenas de aprendizaje.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por ayudarme constantemente a lo largo de mi vida.

A mis docentes, por transmitir sus conocimientos y formarnos profesionalmente para ser Ingenieros Civiles competentes.

A mi asesor, por el apoyo incondicional a lo largo de este proceso.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Formulación del problema	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Objetivos	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Hipótesis.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	25
2.3.1. Técnica de recolección de datos.....	27
2.3.2. Instrumento de recolección de datos	27
2.3.3. Técnica de análisis de datos	27
2.3.4. Instrumento de análisis de datos.....	27
2.4.1. Ensayo Granulométrico del agregado grueso y fino NTP 400.012.....	29
2.4.2. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. (NTP 400.017).....	30
2.4.3. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado (NTP 400.022)	31
2.4.4. Diseño de mezcla método ACI- combinación de agregado método practico.	33
2.4.5. Elaboración de probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm (NTP 339.033).....	33
2.4.6. Norma para utilización de cabezales con almohadillas de neopreno (NTP- 339.216)	34
2.4.7. Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034).....	34

CAPÍTULO III. RESULTADOS	35
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	40
REFERENCIAS	49
ANEXOS	51
Anexo N° 1: Caracterización de los agregados.	51
Anexo N° 2: Contenido de Humedad.	54
Anexo N° 3: Peso Específico y porcentaje de Absorción.	55
Anexo N° 4: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.	57
Anexo N° 5: Peso unitario seco suelto y compactado del agregado grueso.....	58
Anexo N°6: Diseño de mezcla.	59
Anexo N°7: Resistencias a la compresión.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cálculo del total de probetas a realizar.	26
Tabla 2: Definir el Tamaño Máximo Nominal y la cantidad de muestra a ensayar.	29
Tabla 3: Caracterización de los agregados.	35
Tabla 4: Resistencia a la compresión del concreto patrón.	35
Tabla 5: Resistencia a la compresión del concreto patrón + 0.025% de Lightcrete PE.	36
Tabla 6: Resistencia a la compresión del concreto patrón+ 0.05% de Lightcrete PE.	36
Tabla 7: Resistencia a la compresión del concreto patrón + 0.08% de Lightcrete PE.	36
Tabla 8: Resistencia a compresión del concreto patrón +0.10% de Lightcrete PE.	37
Tabla 9: Resistencia a la compresión del concreto patrón + 0.15% de Lightcrete PE.	37
Tabla 10: Análisis de Costos por m ³ y con adición porcentual del Lightcrete PE.	38
Tabla 11: Clasificación y usos según el Asentamiento.	40
Tabla 12: Peso unitario del concreto + adiciones de Lightcrete PE.	41
Tabla 13: Reducción de la resistencia a la compresión % de Lightcrete PE.	42
Tabla 14: Prueba de Normalidad de los sub grupos a edad de 3 días.	44
Tabla 15: Prueba de Normalidad de los sub grupos a edad de 7 días.	44
Tabla 16: Prueba de normalidad de los sub grupos a edad de 28 días.	44
Tabla 17: Confiabilidad de los sub grupos a edad de 3 días.	45
Tabla 18: Confiabilidad de los sub grupos a edad de 7 días.	45
Tabla 19: Confiabilidad de los sub grupos a edad de 28 días.	45
Tabla 20: ANOVA para el grupo de datos obtenidos a 3 días.	46
Tabla 21: ANOVA para el grupo de datos obtenidos a 7 días.	46
Tabla 22: ANOVA para el grupo de datos obtenidos a 28 días.	46
Tabla 23: Datos de la Cantera y Fecha de ensayo.	51
Tabla 24: Análisis Granulométrico del agregado fino.	51
Tabla 25: Datos de la Cantera y Fecha de ensayo.	52
Tabla 26: Análisis Granulométrico del agregado grueso.	52
Tabla 27: Contenido de humedad del agregado fino.	54

Tabla 28: Contenido de humedad del agregado grueso.....	54
Tabla 29: Datos de la cantera y fecha de ensayo.....	55
Tabla 30: Datos de la cantera y fecha de ensayo.....	56
Tabla 31: Características de los materiales.:	59
Tabla 32: Consideraciones y requisitos para el diseño de mezcla- combinación de agregados.	59
Tabla 33: Diseño de mezcla del concreto patrón – CP210.....	60
Tabla 34: Diseño de mezcla patrón + 0.025% de Lightcrete PE – CP210D1.....	60
Tabla 35: Diseño de mezcla patrón+ 0.05% de Lightcrete PE- CP210D2.....	61
Tabla 36: Diseño de mezcla patrón+ 0.08% de Lightcrete PE- CP210D3.....	61
Tabla 37: Diseño de mezcla patrón+ 0.10% de Lightcrete PE- CP210D4.....	62
Tabla 38: Diseño de mezcla patrón+ 0.15% de Lightcrete PE- CP210D5.....	62
Tabla 39: Resistencia a la compresión Patrón a 3 días – CP210.....	63
Tabla 40: Resistencia a la compresión Patrón a 7 días – CP210.....	63
Tabla 41: Resistencia a la compresión Patrón a 28 días – CP210.....	63
Tabla 42: Resistencia a la compresión Patrón +0.025% Lightcrete PE a 3 días – CP210D1.	64
Tabla 43: Resistencia a la compresión Patrón +0.025% Lightcrete PE a 7 días – CP210D1.	64
Tabla 44: Resistencia a la compresión Patrón +0.025% Lightcrete PE a 28 días – CP210D1.	64
Tabla 45: Resistencia a la compresión Patrón +0.05% Lightcrete PE a 3 días – CP210D2.	65
Tabla 46: Resistencia a la compresión Patrón +0.05% Lightcrete PE a 7 días – CP210D2.	65
Tabla 47: Resistencia a la compresión Patrón +0.05% Lightcrete PE a 28 días – CP210D2.	65
Tabla 48: Resistencia a la compresión Patrón +0.08% Lightcrete PE a 3 días – CP210D3.	66

Tabla 49: Resistencia a la compresión Patrón +0.08% Lightcrete PE a 7 días – CP210D3.	66
Tabla 50: Resistencia a la compresión Patrón +0.08% Lightcrete PE a 28 días – CP210D3.	66
Tabla 51: Resistencia a la compresión Patrón +0.10% Lightcrete PE a 3 días – CP210D4.	67
Tabla 52: Resistencia a la compresión Patrón +0.10% Lightcrete PE a 7 días – CP210D4.	67
Tabla 53: Resistencia a la compresión Patrón +0.10% Lightcrete PE a 28 días – CP210D4.	67
Tabla 54: Resistencia a la compresión Patrón +0.15% Lightcrete PE a 3 días – CP210D5.	68
Tabla 55: Resistencia a la compresión Patrón +0.15% Lightcrete PE a 7 días – CP210D5.	68
Tabla 56: Resistencia a la compresión Patrón +0.15% Lightcrete PE a 28 días – CP210D5.	68
Tabla 57: Análisis de costos unitario para el concreto patrón.....	69
Tabla 58: Análisis de costos de un concreto convencional +0.025% de Lightcrete PE.....	70
Tabla 59: Análisis de costos de un concreto convencional +0.05% de Lightcrete PE.....	71
Tabla 60: Análisis de costos de un concreto convencional +0.08% de Lightcrete PE.....	72
Tabla 61: Análisis de costos de un concreto convencional +0.10% de Lightcrete PE.....	73
Tabla 62: Análisis de costos de un concreto convencional +0.15% de Lightcrete PE.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Resistencia a la compresión promedio por día de ensayo.....	38
Figura 2: Asentamiento de los grupos estudiados.	39
Figura 3: Peso Unitario del Concreto de cada sub grupo.	39
Figura 4: Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	53
Figura 5: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	53
Figura 6: Cuadro de resultados del peso específico y absorción del agregado fino.....	55
Figura 7: Cuadro de resultados del peso específico y absorción del agregado grueso.....	56
Figura 8: Cuadro de resultado de peso unitario suelto de la arena.	57
Figura 9: Cuadro de resultado de peso unitario compactado de la arena.	57
Figura 10: Cuadro de resultado del peso unitario suelto de la piedra.....	58
Figura 11: Cuadro de resultado del peso unitario compactado de la piedra.	58
Figura 12: Cuadro de temperatura del concreto en estado fresco.....	69
Figura 13: Certificado de ensayo de probetas.	75
Figura 14: Certificado de ensayo de probetas patrón.	76
Figura 15: Certificado de ensayo de probetas patrón +0.025%.....	76
Figura 16: Certificado de Ensayo de Probetas Patrón +0.05%.	77
Figura 17: Certificado de Ensayo de Probetas Patrón + 0.08%.	77
Figura 18: Certificado de ensayo de probetas patrón + 0.10%.....	78
Figura 19: Certificado de ensayo de probetas patrón + 0.15%.....	78
Figura 20: Medición según diseño del agregado grueso.	79
Figura 21: Recepción del concreto después de 7 minutos de mezclado.....	79
Figura 22: Asentamiento del concreto en estado fresco.	80
Figura 23: Medición del asentamiento.	80
Figura 24: Peso Unitario del concreto.	81
Figura 25: Elaboración de probetas.	81

Figura 26: Curado de probetas.....	82
Figura 27: Probetas por ensayar después de 7 días de curado.....	82
Figura 28: Resistencia alcanzada a los 7 días de curado por probeta C210 +0.05%SL.....	83
Figura 29: Resistencias alcanzadas a 7días de curado por CP210 y C210 +0.05%SL.	83
Figura 30: Probeta ensayada a Resistencia a la compresión 7 días de curado; probeta C210 +0.05%SL.....	84
Figura 31: Ensayo de Resistencia a la compresión a 28 días de curado; probeta CP210....	84
Figura 32: Ensayo de Resistencia a la compresión a 28 días de curado; probeta C210 + 0.025SL.	85
Figura 33: Visita del asesor a las pruebas de resistencia la compresión.	85

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Tamaño de la muestra para cada subgrupo.....	26
Ecuación 2: Cantidad de probetas a realizarse para cada sub grupo.	26
Ecuación 3: Densidad de Masa de los agregados.	30
Ecuación 4: Densidad relativa de masa	32
Ecuación 5: Densidad saturada superficialmente seca.	32
Ecuación 6: Densidad aparente.....	32
Ecuación 7: % de absorción de los agregados.....	32
Ecuación 8: Cálculo del % de agregado fino.....	33
Ecuación 9: Cálculo de % de agregado grueso.....	33

RESUMEN

El alcance de esta investigación fue reducir el peso unitario del concreto para poder aplicarlo en edificaciones, transportes y otras obras más, ya que, al emplear un concreto liviano, como propiamente lo dice el nombre, aligerar el peso de las estructuras. La investigación fue experimental, pues se manipuló el aditivo Sika Lightcrete PE, se procedió con la caracterización de los agregados cumpliendo con los estándares de la Norma Técnica Peruana, el diseño de mezcla en el cual se incluyó las características de los materiales y la adición porcentual del aditivo Lightcrete PE hasta un máximo de 0.15%, la dosificación constó de cemento Portland Tipo I, agregado de TMN de $\frac{3}{4}$ " y una relación de a/c 0.50 dándonos un concreto convencional de $f'c$ 210 kg/cm².

A esta dosificación se le adicionó 0.025%, 0.05%, 0.08%, 0.10%, 0.15% de aditivo Lightcrete PE para que, posteriormente fueran ensayadas las probetas cilíndricas a edades de 3 días, 7 días y 28 días. Observándose que, a conforme el aumento porcentual del aditivo, la Resistencia a la Compresión iba disminuyendo. Presentándose con la dosificación que incluyo el 0.15% de aditivo Lightcrete PE una disminución del 84.47% respecto a la muestra patrón y con la dosificación que incluyó el 0.05% la disminución fue del 44.47%, lo que equivale a una resistencia a la compresión de 211kg/cm² con respecto al patrón, el cual llegó a obtener una resistencia a compresión de 380kg/cm². Por lo que se observó de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones en el apartado E0.60(Concreto armado) que, con este porcentaje, el concreto elaborado aún sigue siendo estructural. Esto permitió decir que al emplear el 0.05% de aditivo Lightcrete PE se logra disminuir el peso del concreto un 7.94% respecto al concreto patrón y este aún mantiene su uso estructural ($f'c$ 211 kg/cm²).

Palabras clave: aditivo, resistencia a la compresión, dosificación, peso unitario, Norma Técnica Peruana, Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Global.

En el sector de la construcción, el concreto tiene un rol sumamente importante tanto es así que su investigación, con el fin de mejorarlo, no tiene fin. Un concreto con modificación o adiciones es normalmente llamado “Concreto Especial”, estos son de uso específico para cada situación. Debido a la gran demanda de concreto para edificaciones de gran envergadura entra a tallar el peso propio de la estructura, considerando así el uso de un concreto especial que reduzca el peso de este, teniendo así un concreto liviano, permitiendo el desarrollo de tecnologías de prefabricación, disminución en las fuerzas sísmicas y que presentan un mejor comportamiento térmico que se ve reflejado en una menor deformabilidad ante cambios de temperatura y tiene mejores propiedades de aislamiento térmico y acústico. (Videla & López, 1999)

En Costa Rica, surge la necesidad de tener un material de construcción que permita elaborar un concreto liviano, teniendo en consideración que a nivel mundial se elabora a partir de agregados de menor densidad que los utilizados convencionalmente, ya que la mayoría cuenta con fuentes de piedra pómez y otros agregados similares. Sin embargo, en Costa Rica no se cuenta con grandes cantidades de esos tipos de material, de esto nace la idea de un “Estudio exploratorio de diseño de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A. para un concreto estructura”, en el cual se trabajó con agregados pétreos de baja densidad y con variaciones en el contenido de aditivo inclusor de aire. Se pudo concluir que al utilizar más del 10% de la máxima dosis recomendada por el proveedor de aditivo, éste reduce sustancialmente su efecto en la mezcla.

Se obtuvo un concreto estructural de baja densidad de 2042 kg/m³ y una resistencia a la compresión a 28 días de 35,2 MPa para un contenido de aire del 4,6%. Asimismo, se concluyó que la forma de incorporar el aditivo a la mezcla es crucial, ya que su efecto puede verse afectado y de esa forma alterar el comportamiento y trabajabilidad de la mezcla (Quesada Viquez, 2014)

En Venezuela, realizó una investigación experimental y documental denominada “Evaluación experimental de las propiedades mecánicas: resistencia, módulo de elasticidad y esfuerzos de adherencia entre el acero de refuerzo y concreto liviano estructural”. cuyo objetivo principal era conocer si el concreto de baja densidad era aceptable estructuralmente. Sus estudios concluyeron que el concreto liviano es aceptable en cuanto a la resistencia, sin embargo, debe corroborarse el módulo de elasticidad y densidad. Se realizaron distintas pruebas con referencia a la resistencia a la compresión de la cual concluyeron que la resistencia de diseño de 300 kg/cm², cumplieron con el valor esperado de la resistencia, sin embargo, al estudiar su peso unitario sobrepasan el valor máximo (1,900 kg/m³), por lo que no es aplicable para un concreto liviano de diseño. Este resultado es el esperado ya que el concreto liviano se recomienda para resistencias menores a los 300 kg/cm². El diseño que posee entre el 15% y 23% de la relación agua/cemento con respecto a la mezcla de la arcilla expandida presentó los mejores resultados para cada una de las solicitudes requeridas para el estudio, (Angulo V. & Malavé R., 2016).

En Ecuador, se realizó una investigación para identificar las propiedades mecánicas de los materiales que constituyen un concreto liviano de alto desempeño, en la tesis denominada “Hormigón de alto desempeño con arcilla expandida”, se buscó establecer una dosificación apropiada para el concreto de baja densidad con arcilla expandida,

además de realizar una comparación de costos con el concreto convencional. Las dosificaciones usando entre el 40% y 60 % del agregado fino para una resistencia de 210 kg/cm², se concluyó que para obtener resistencia de diseño mayores a 20 MPa, las dosificaciones adecuadas deben tener contenido de cemento superior a 400 kg/m³. Referente al tema de costos se concluyó que, aunque el concreto de baja densidad es más costoso, este aumento del costo global del proyecto puede verse compensado con la disminución de los costos en materia de transporte. Estructuralmente se concluyó que el uso de este concreto en una edificación de máximo 4 pisos logra reducir hasta un 20% de los desplazamientos laterales (Yagual Vera & Villacís Apolinario, 2015)

En Perú, se investiga la obtención de un concreto ligero mediante aditivos, donde se analiza también el tema de costos en una edificación teniendo en cuenta las mismas características. En la tesis “Obtención de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos”, emplearon distintos tipos de aditivos (Sika® Viscocrete-2220, Sika® Fume y Sika® Lightcrete PE). Realizaron 3 proporciones entre los agregados (confitillo y arena gruesa), 65% y 35%, 50% y 50%, 35% y 65% respectivamente. En el tema de costo obtuvieron que el costo de un concreto ligero estructural fue de S/. 447.90 frente al costo de un concreto convencional que fue de S/. 259.67 (esto teniendo las mismas condiciones para ambos, no obstante, se sabe que los beneficios de un concreto ligero estructural se dan en reducción de secciones, aminoramiento de cuantía de acero, disminución de peso total de la estructura (Veliz & Vásquez, 2018).

En Trujillo, se investigó cómo influye las perlas de poliestireno en la elaboración de un concreto ligero estructural en el trabajo de investigación “Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018” donde se busca

obtener el porcentaje adecuado para poder realizar losas aligeradas, la cual genera un gran peso a la estructura cuando es de manera convencional. La metodología empleada fue reemplazar el agregado fino por las perlas de poliestireno en porcentajes de 10%,20%,30%,40%,50% en función al volumen. De acuerdo con este análisis obtuvieron que al reemplazar el 40% del agregado fino con las perlas de poliestireno se obtiene un peso unitario menor al convencional que está en un rango de (2,200 kg/m³ y 2,400 kg/m³). Con estos porcentajes obtiene un peso unitario de 2,160 kg/m³ y una resistencia de 242 kg/cm², por lo cual se considera estructural ya que la norma E.060 Concreto armado del 2009, indica que la resistencia mínima de un concreto estructural es de 175 kg/cm² (Chuquilin, 2018).

Para la presente investigación se tendrá en consideración los procedimientos refrendados en las siguientes normativas:

NTP 339.034:2015. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

NTP 339.035:2015. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.

NTP 339.046:2008. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).

Sika Perú S.A.C. con R.U.C: 20254305066, empresa suiza con amplia trayectoria en la elaboración y comercialización de aditivos para el concreto, la sede de Perú comercializa una amplia gama de aditivos para el concreto. Es esta la empresa elegida para ser utilizada en la presente investigación empírica, dado que cuenta con una buena parte del mercado nacional aunado a esto es la de mayor acceso en la ciudad donde se realizará la investigación.

El aditivo Sika Lightcrete PE actúa como agente espumante concentrado para elaborar mezclas cohesivas y livianas ya sea de concreto, mortero, rellenos hidráulicos, etc.; entre 800 y 1,800 kg/m³, según la dosificación utilizada y tipos de agregados empleados el uso de este tipo de concreto se da para rellenos hidráulicos cuando las mezclas se segregan o tienen exudación excesiva, cuando los agregados son de granulometría abierta (deficiencia de finos), para morteros de nivelación o afinado de pisos de bajo peso previos a la colocación del acabado final, relleno de zanjas y excavaciones en minas o en obras civiles, rellenos fluidos de densidad y resistencia controlada sin usar compactadores. Asimismo, se puede emplear en relleno de tuberías y tanques de almacenamiento de combustibles enterrados que estén fuera de uso y también como capas de soporte de bajo tráfico y áreas deportivas sobre suelos con baja capacidad portante.

El concreto de manera convencional tiende a tener un peso unitario muy elevado dando cabida a que las estructuras de gran envergadura sean muy pesadas, lo que representa un mayor dimensionamiento y consigo mayor cantidad de materiales.

Controlar el asentamiento es una parte fundamental, la verificación in situ es prioridad cuando de concreto se trata debido que controlando o verificando el revenimiento podemos hacernos una idea rápida del concreto que se está obteniendo sea por medio manual (trompo) o por mixer siempre realizar el seguimiento.

La influencia de los agregados, debido a su distribución granulométrica y su forma, textura, así como que estén libre de limos hacen que pueda influenciar en la resistencia y el tamaño máximo del agregado debe ser escogido según el concreto que se quiera elaborar (baja, media o alta resistencia).

Para el presente caso de estudio, se emplearán agregados provenientes de la cantera ubicada en la Quebrada El León, considerando la demanda que esta presenta en la ciudad de Trujillo, posteriormente se realizarán los ensayos respectivos que permitirán caracterizar el agregado fino y grueso que se empleará.

Los ensayos a realizarse son:

NTP 339.185.2013. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

NTP 400.012.2001. Análisis Granulométrico del agregado Fino, Grueso y Global.

NTP 400.017.1999. Método de ensayo para determinar el Peso Unitario del Agregado.

NTP 400.021.2002. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

NTP 400.022.2013. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

La influencia del aditivo espumante Sika Lightcrete PE en el peso del concreto está orientada a reducir el peso en el estado fresco además de mejorar la cohesividad de la mezcla. Lo que se quiere dar a conocer es cómo influye el aditivo Sika Lightcrete PE en la reducción del peso unitario del concreto mediante la incorporación de aire. Según Hoja Técnica del producto, indica que se emplea de 0.5 a 4.0 kg por metro cúbico (m³) de mezcla, para que se logre obtener entre 800 y 1800 kg/m³ según la dosificación empleada, la cual va en relación inversamente proporcional a la dosis, es decir, a menor dosis, mayor peso específico.

En los tiempos actuales, es importante desarrollar concretos de peso ligero sin afectar su nivel resistente a fin de tener construcciones livianas que permitan optimizar los recursos empleados en los diferentes procesos constructivos.

Marco Conceptual

Variable Independiente

Sika Lightcrete PE es un líquido que actúa como agente espumante concentrado para poder elaborar mezclas cohesivas y livianas ya sea de concreto, mortero, rellenos hidráulicos. Según la dosificación puede variar entre los 800 kg/m³ y 1,800 kg/m³ y el tipo de agregado. Su aplicación se da para elaborar elementos pre fabricados de bajo peso, estructuras de bajo peso vaciadas in situ con el fin de llevar a cabo ampliaciones (Sika Building trust, 2016).

- **Clasificación de acuerdo a sus propiedades**

1. Concretos ligeros de resistencia reducida y propiedades excepcionalmente buenas de aislamiento térmico: 280 kg/m³ a 800 kg/m³.
2. Concretos ligeros de resistencia media y características adecuadas de aislamiento térmico: 800 kg/m³ a 1400kg/m³
3. Concretos ligeros de resistencia estructural y limitadas características de aislamiento térmico: 1440 kg/m³ a 1840 kg/m³.

Debido a las características del aditivo Lightcrete PE este concreto a realizar esta en la categoría de concreto celular, este tipo de concreto se logra incorporando altos porcentajes de aire a la mezcla mediante el uso de aditivos espumantes. El concreto celular es una modificación del concreto normal, la diferencia está en el peso del concreto mas no en su calidad.

Aditivo Espumante

El objetivo de esta investigación es analizar y comprobar el comportamiento del concreto realizado con este método. Se consideró realizar un apartado donde se

detalla el procedimiento de mezcla y ensayos en estado fresco y endurecido. Se adiciona un aditivo espumante de acuerdo a la dosis especificada por el fabricante o de acuerdo a los ensayos de prueba, que al contacto con el agua de la mezcla y con un determinado tiempo de mezclado se consigue generar espuma en la mezcla, la relación entre el tiempo de mezclado y la densidad del concreto producido es inversa (mayor tiempo de mezclado se obtendrán densidades más bajas).

La densidad de concreto depende de la cantidad de aditivo espumante y el tiempo de la mezcla.

Espuma preformada

Se produce espuma estable (que no se disuelva en un tiempo determinado) con un equipo generador de espuma y se agrega a la masa cementante, la mezcla de espuma más cemento deberá mantener su consistencia hasta mezclarse con los agregados y realizar la colocación del concreto celular.

Estos generadores logran su función gracias a un aditivo espumante y se obtiene una espuma densa y estable de color blanco con burbujas de tamaño homogéneo.

Se debe tener un buen control de la cantidad de espuma incorporada a la mezcla por que puede presentar variaciones importantes en la densidad final, además con el paso del tiempo la espuma preformada pierde su estabilidad y se convierte en líquido.

Variables Dependientes

Resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto convencional depende de tres factores básicos:

- Calidad de la pasta.
- Calidad del agregado.
- Adherencia del agregado con la pasta.

El comportamiento mecánico de los materiales celulares fue estudiado teóricamente por Gibson y Ashby (1997) definiendo un modelo de deformaciones de los límites de las celdas de aire y concluyeron que las propiedades mecánicas de los materiales dependen de la densidad relativa (relación entre la densidad aparente y la densidad real).

La resistencia a compresión de un concreto celular está influenciada por:

Método de formación de estructura celular

- Contenido de humedad
- Volumen de espuma
- Contenido de cemento
- Relación agua cemento

Peso Unitario del Concreto

En construcciones de concreto, el peso propio por lo común representa una proporción muy grande de la carga total en la estructura, una ventaja considerable al reducir la densidad del concreto. Lo principal de esto es una reducción en la carga muerta y, en consecuencia, en la carga total en los diversos miembros y la reducción correspondiente en el tamaño de los cimientos. Además, con concreto más ligero el encofrado necesita soportar una presión más baja, como sería el caso con el concreto ordinario, y la masa total de materiales para manejar también se reduce con un consecuente

incremento en la productividad. (Neville, 1998) Otro ejemplo radica en la construcción de un edificio de gran altura, ya que, si los muros no portantes se fabrican de concreto celular, ya fueran estos paneles o bloques, podemos reducir la carga muerta de la edificación y en consecuencia, también el acero de refuerzo de los elementos estructurales y de la cimentación. (García, 2003).

Asentamiento del concreto

La manejabilidad es una propiedad del concreto fresco que se refiere a la facilidad con que este puede ser: mezclado, manejado, transportado, colocado, compactado y terminado sin que pierda su homogeneidad (exude o se segregue).

El grado de Manejabilidad apropiado para cada estructura, depende del tamaño y la forma del elemento que se vaya a construir, de la disposición y tamaño del refuerzo y de los métodos de colocación y compactación. Así, por ejemplo, un elemento delgado o muy reforzado necesita una mezcla más fluida que un elemento masivo o poco reforzado.

Un método indirecto para determinar la manejabilidad de una mezcla, consiste en medir su consistencia o fluidez por medio del ensayo de "asentamiento con el cono o slump", Esta es una prueba usada comúnmente en las construcciones de todo el mundo; la prueba no mide la trabajabilidad del concreto, sino que determina la consistencia o fluidez de la mezcla; es muy útil para detectar variaciones en la uniformidad de una mezcla de proporciones determinadas. (Rivera L.)

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye el aditivo Sika Lightcrete PE en la resistencia a la compresión, asentamiento y peso unitario de un concreto convencional en la ciudad de Trujillo – 2019?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar que influencia tiene el aditivo Sika Lightcrete PE en la resistencia a la compresión, asentamiento, y peso unitario de un concreto convencional en la ciudad de Trujillo – 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Conocer la influencia de la adición del 0.025%, 0.05%, 0.08%, 0.10% y 0.15% del aditivo Sika Lightcrete PE por metro cúbico (m^3) en la resistencia a la compresión de un concreto convencional.
- Conocer la influencia de la adición del 0.025%, 0.05%, 0.08%, 0.10% y 0.15% del aditivo Sika Lightcrete PE por metro cúbico (m^3) en el asentamiento de un concreto convencional.
- Conocer la influencia de la adición del 0.025%, 0.05%, 0.08%, 0.10% y 0.15% del aditivo Sika Lightcrete PE por metro cúbico (m^3) en el peso unitario de un concreto convencional.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La incorporación del aditivo Sika Lightcrete PE mejorará las propiedades en estado fresco y endurecido de un concreto convencional ensayado en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – Sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad, 2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- A mayor porcentaje de adición de Sika Lightcrete PE disminuirá la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.
- A mayor porcentaje de adición de Sika Lightcrete PE aumentará el asentamiento del concreto en estado fresco.
- A mayor porcentaje de adición de Sika Lightcrete PE disminuirá el peso unitario del concreto en estado fresco.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente proyecto es una investigación experimental, pre experimental con un diseño de pre prueba – pos prueba; debido a que se aplicará una prueba previa al tratamiento experimental (muestras patrón), después se le administrará el tratamiento (adición del aditivo Sika Lightcrete PE) y finalmente se le aplicará otra prueba.

El diseño es experimental porque es una situación de control en la cual se manipula de manera intencional el aditivo Sika Lightcrete PE para analizar las consecuencias en la reducción del peso unitario, el asentamiento y la resistencia a la compresión.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

Población

En la presente investigación, la población estará conformada por los elementos de concreto convencional que se elaboren en la ciudad de Trujillo en el año 2019. El concreto convencional será diseñado por esfuerzo a la compresión tomando un valor de relación del orden de: $a/c = 0.50$.

Muestra

La muestra será determinada por método probabilístico y se tendrá en cuenta la siguiente formulación:

Donde:

Z = Valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza fijado por el investigador, en este caso 1.96 (95% confiabilidad).

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

distribución de la variable de interés. Para la presente investigación se tomó en cuenta la desviación estándar obtenida del antecedente “Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018”; Valor reportado en la investigación en mención es 2.62 kg/cm².

E = % del error estimado en valor absoluto (2.5%).

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

Ecuación 1: Tamaño de la muestra para cada subgrupo.

Entonces, el número de muestras se determinó de la siguiente manera:

$$n_o = \frac{(1.96^2)(2.62^2)}{(2.5^2)} = 4.22$$

Ecuación 2: Cantidad de probetas a realizarse para cada sub grupo.

Tabla 1: Cálculo del total de probetas a realizar.

	Resistencia a la compresión			Total
	3 días	7 días	28 días	
Patrón	5	5	10	20
0.025% Sika Lightcrete PE	5	5	10	20
0.05% Sika Lightcrete PE	5	5	10	20
0.08% Sika Lightcrete PE	5	5	10	20
0.10% Sika Lightcrete PE	5	5	10	20
0.15% Sika Lightcrete PE	5	5	10	20
				120

Fuente: Propia

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica de recolección de datos

Se utiliza la técnica de la observación que implica ver y registrar las características de las probetas, el uso de las fichas para el correcto llenado con la información correspondiente al lote de ensayo que se está realizando.

2.3.2. Instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos a utilizar es la *guía de observación*, la cual cumple a cabalidad la función de recolectar los datos necesarios para el desarrollo de la presente investigación, puesto que es un instrumento muy versátil y práctico.

2.3.3. Técnica de análisis de datos

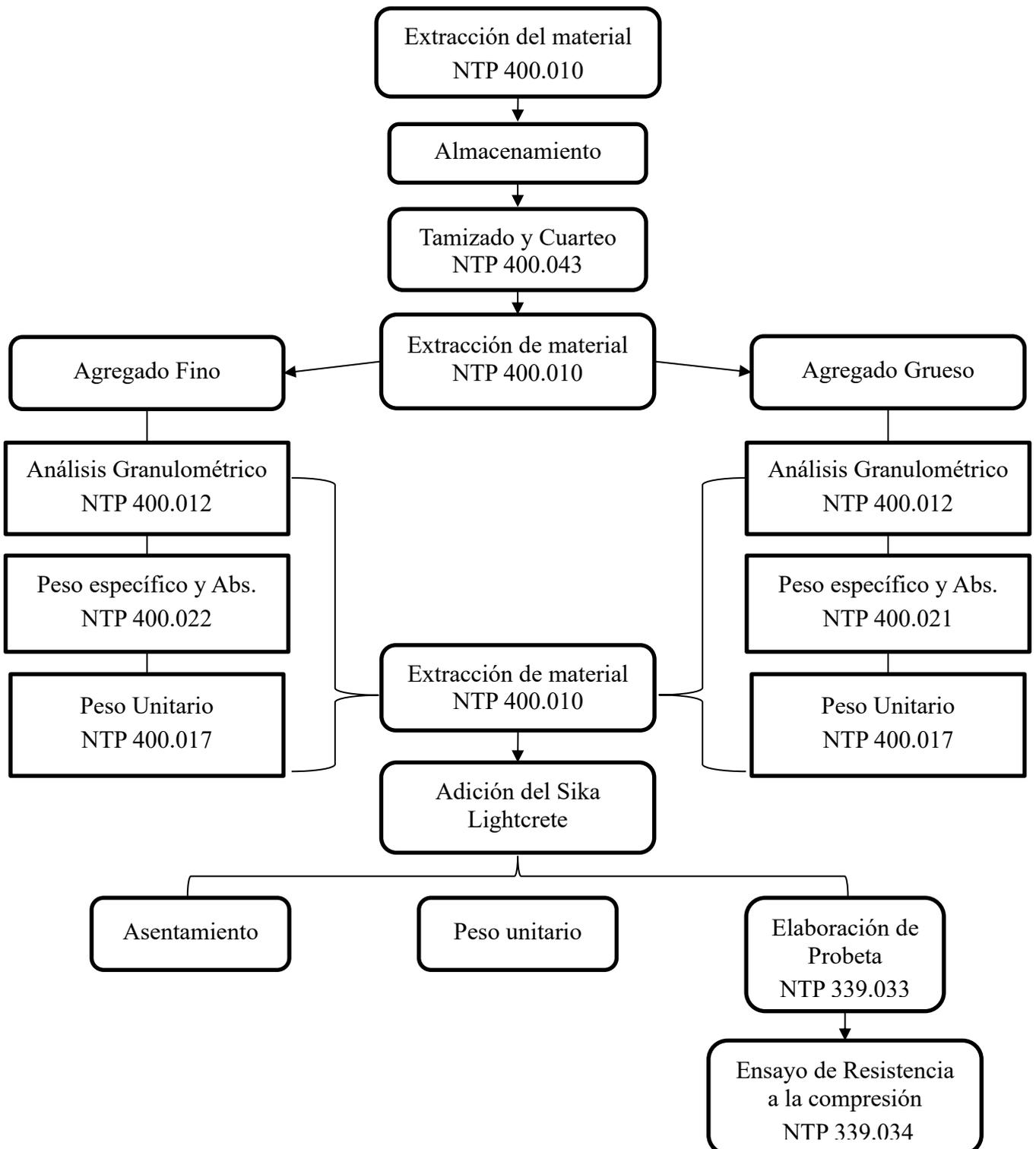
La técnica de análisis de datos es la *inferencia estadística*, ya que se validarán las hipótesis mediante el análisis de las medidas estadísticas. Esto para determinar si las hipótesis se cumplen a nivel estadístico y si es factible concluir que la variación de la resistencia a la compresión obtenida es representativa o no.

2.3.4. Instrumento de análisis de datos

El instrumento de análisis de datos será el ANOVA o análisis de la varianza, puesto que es un método estandarizado y fácil de realizar. Esto nos sirve debido a la cantidad de muestras que se tienen y a que nos permite la comparación de dos o más grupos de estudio en un solo análisis, esto siempre si es conveniente.

2.4. Procedimiento

Teniendo en cuenta que para el proceso de dosificación de mezcla se requiere la caracterización del agregado, se procedió a ejecutar los ensayos mencionados en el presente procedimiento:



2.4.1. Ensayo Granulométrico del agregado grueso y fino NTP 400.012

Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada, para obtener los criterios de suficiencia o tamizado. Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado.

Tabla 2: Definir el Tamaño Máximo Nominal y la cantidad de muestra a ensayar.

Tamaño máximo nominal aberturas cuadradas en mm (in)	Cantidad de muestra del ensayo mínimo en Kg(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: Norma Técnica Peruana.

2.4.2. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. (NTP 400.017).

El tamaño de la muestra será aproximadamente de 125 % a 200 % la cantidad requerida para llenar el recipiente, y será manipulada de manera de evitar la segregación. Secar la muestra de agregado esencialmente a masa constante, preferiblemente en una estufa a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para determinar la densidad de masa suelta se usará el proceso de paleo cuando específicamente sea estipulado. De otra manera, la densidad de masa compactada será determinada por el proceso de compactación por apisonado para agregados que tienen un tamaño nominal máximo de 37,5 mm o menos. Llenar el recipiente a un tercio del total y nivelar la superficie con los dedos. Apisonar la capa de agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie.

- **Calculo Densidad de masa:** Calcular la densidad de masa por los procedimientos de apisonado, percusión, o peso suelto como sigue:

$$M = (G - T) / V \quad (1)$$

Ecuación 3: Densidad de Masa de los agregados.

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Agregado empleado en el Ensayo, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

2.4.3. **Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado (NTP 400.022)**

Colocar la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y secar en la estufa hasta una masa constante a una temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dejar que se enfríe a temperatura apropiada de manipulación (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$), cubrir con agua, ya sea por inmersión o por adición hasta alcanzar al menos 6 % de humedad del agregado fino y se deja reposar durante $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$. Colocar el molde firmemente sobre una superficie no absorbente suave con el diámetro mayor hacia abajo. Colocar una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y amontonar material adicional por encima de la parte superior del molde sujetándolo con los dedos de la mano que sostiene el molde. Ligeramente apisonar el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora. Comience cada golpe aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino. Permita que la barra compactadora caiga libremente bajo la atracción gravitatoria de cada golpe. Ajustar la altura inicial de la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuir los golpes sobre la superficie. Retirar la arena suelta de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad de la superficie está todavía presente, el agregado fino conservará la forma moldeada. La ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de superficie seca. Llenar parcialmente el picnómetro con agua. Introducir en el picnómetro $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$ de agregado fino de saturada seca superficialmente y llenar de agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de su capacidad. Agitar el picnómetro. Después de la eliminación de todas las burbujas de aire, ajustar la temperatura del picnómetro y su contenido a $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, si es necesario por inmersión parcial en agua circulante, y llevar el nivel de agua en el picnómetro a su capacidad de calibración. Determinar la masa total del picnómetro, el espécimen, y el agua.

Retirar el agregado fino del picnómetro, secar en el horno a una masa constante, a temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, enfriar en aire a temperatura ambiente durante $1\text{ h} \pm 1/2\text{ h}$, y

determinar la masa, Determinar la masa del picnómetro lleno a su capacidad de calibración con agua a $23,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Símbolos:

A = masa de la muestra seca al horno g

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración g

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración g

S = masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción con ambos procedimientos), g

$$\frac{A}{(B + S - C)}$$

Ecuación 4: Densidad relativa de masa

Densidad relativa: Saturada Superficialmente Seca.

$$\frac{S}{(B + S - C)}$$

Ecuación 5: Densidad saturada superficialmente seca.

Densidad relativa: Aparente

$$\frac{A}{(A + B - C)}$$

Ecuación 6: Densidad aparente.

Absorción: en porcentaje %

$$\left[\frac{(S - A)}{A}\right] \times 100$$

Ecuación 7: % de absorción de los agregados.

2.4.4. **Diseño de mezcla método ACI- combinación de agregado método práctico.**

Para el método de combinación de agregados se debe tener en cuenta diferentes datos para recurrir a tablas y/o realizar cálculos.

Determinar el tipo de cemento a usar para poder tener su peso específico, determinar mediante el análisis granulométrico los módulos de finura tanto para el agregado grueso como el agregado fino.

Determinar la relación agua cemento que se va realizar para el diseño; de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso y la cantidad de asentamiento que tendrá la mezcla, recurrir a la tabla para ver la cantidad de agua a usar.

Hallar con el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la cantidad de aire atrapado

Se considerará la cantidad de bolsas de cemento por metro cubico en conjunto con el tamaño máximo nominal del agregado grueso para poder determinar el coeficiente “m”, el cual entrará a la fórmula para calcular el porcentaje de agregado fino con la siguiente fórmula.

$$\%f = \left(\frac{Mf_{a.g} - m}{Mf_{a.g} - Mf_{a.f}} \right) \times 100$$

Ecuación 8: Cálculo del % de agregado fino.

$$\%g = (1 - \%f) \times 100$$

Ecuación 9: Cálculo de % de agregado grueso.

2.4.5. **Elaboración de probetas cilíndricas de 10 cm x 20 cm (NTP 339.033).**

La elaboración de probetas cilíndricas de 10cm x 20cm se realiza en dos capas, se necesita un cucharón, probetas cilíndricas debidamente aceitadas, maso de goma y varilla compactadora, esto con el fin de llenado de manera manual, también se puede realizar mediante una mesa vibratoria. Para el curado inicial, las probetas se almacenarán bajo condiciones que mantengan la temperatura ambiente 16 °C y 27 °C. que prevengan toda pérdida de humedad.

Inmediatamente después las probetas se estacionarán en una solución saturada de agua de cal a una temperatura de 23°C +- 2°C, la saturación se puede obtener incorporando tentativamente 2g de cal hidratada por litro de agua.

2.4.6. Norma para utilización de cabezales con almohadillas de neopreno (NTP-339.216)

Las son fabricadas de policloropreno (neopreno) que cumple con los requisitos de la clasificación ASTM 2000 designación “line call-out”. El diámetro de un cilindro (probeta a ensayar) no debe diferir de otro por más del 2%. Reemplazar las almohadillas cuando estas excedan los límites de reutilización establecido en la norma.

2.4.7. Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034).

El ensayo se realizará una vez retirado de la poza de curado y manteniendo la humedad de la probeta cilíndrica. Se le aplicara la carga de manera continua y permanente a una velocidad de 0.25 ± 0.05 MPa/s.

Calcular la resistencia a la compresión de la probeta dividiendo la carga máxima entre el área en contacto de la probeta, expresar el resultado con aproximación a 0.1 MPa.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 3: Caracterización de los agregados.

Caracterización de los agregados		
Ensayo	Norma Técnica	Resultados
Tamaño máximo nominal	Análisis Granulométrico	3/4"
Módulo de Finura A. fino	Análisis Granulométrico	2.31
Módulo de Finura A. Grueso	Análisis Granulométrico	6.59
Contenido de humedad	Contenido de humedad	AF=0.6% AG= 0.4%
Peso específico A. Fino	NTP 400.021	2.63
Peso específico A. Grueso	NTP 400.022	2.71
% Absorción A. Fino	NTP 400.021	1.50%
% Absorción A. Grueso	NTP 400.022	0.80%
PUSS y PUSC A. Fino		1,660 / 1,800
PUSS y PUSC A. Grueso		1,420 / 1,800

Fuente: Propia.

Tabla 4: Resistencia a la compresión del concreto patrón.

GRUPO DE ESTUDIO	3 días		7 días		28 días	
	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media
CONCRETO PATRON 210 KG/CM2					381	
					399	
					373	
					381	
		233		312	383	380
					361	
					391	
					384	
					369	
					379	

Fuente: Propia.

Tabla 5: Resistencia a la compresión del concreto patrón + 0.025% de Lightcrete PE.

GRUPO DE ESTUDIO	3 días		7 días		28 días	
	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media
CONCRETO PATRON 210 KG/CM2 + 0.025% SIKA LIGHTCRETE	155		191		302	
					299	
	149		210		291	
					304	
	151	151	196	199	259	289
					293	
	148		207		273	
					287	
	153		193		295	
					282	

Fuente: Propia.

Tabla 6: Resistencia a la compresión del concreto patrón+ 0.05% de Lightcrete PE.

GRUPO DE ESTUDIO	3 días		7 días		28 días	
	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media
CONCRETO 210 KG/CM2 + 0.05% SIKA LIGHTCRETE	120		168		217	
					220	
	119		159		210	
					202	
	126	120	173	168	207	211
					213	
	115		174		211	
					209	
	124		166		218	
					204	

Fuente: Propia.

Tabla 7: Resistencia a la compresión del concreto patrón + 0.08% de Lightcrete PE.

GRUPO DE ESTUDIO	3 días		7 días		28 días	
	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media
CONCRETO 210 KG/CM2 + 0.08% SIKA LIGHTCRETE	82		104		128	
					134	
	75		111		132	
					140	
	75	82	103	106	142	136
					135	
	84		110		141	
					132	
	73		102		135	
					137	

Fuente: Propia.

Tabla 8: Resistencia a compresión del concreto patrón +0.10% de Lightcrete PE.

GRUPO DE ESTUDIO	3 días		7 días		28 días	
	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media
CONCRETO 210 KG/CM2 + 0.10% SIKA LIGHTCRETE	51		68		91	
					94	
	50		77		94	
					93	
	56	51	69	71	94	93
					95	
	52		71		92	
					93	
				92		
				94		

Fuente: Propia.

Tabla 9: Resistencia a la compresión del concreto patrón + 0.15% de Lightcrete PE.

GRUPO DE ESTUDIO	3 días		7 días		28 días	
	Resistencia (kg/cm2)	7	Resistencia (kg/cm2)	Media	Resistencia (kg/cm2)	Media
CONCRETO 210 KG/CM2 + 0.15% SIKA LIGHTCRETE	34		50		61	
					58	
	42		51		61	
					57	
	39	34	45	48	58	59
					59	
	36		45		57	
					60	
				58		
				60		

Fuente: Propia.

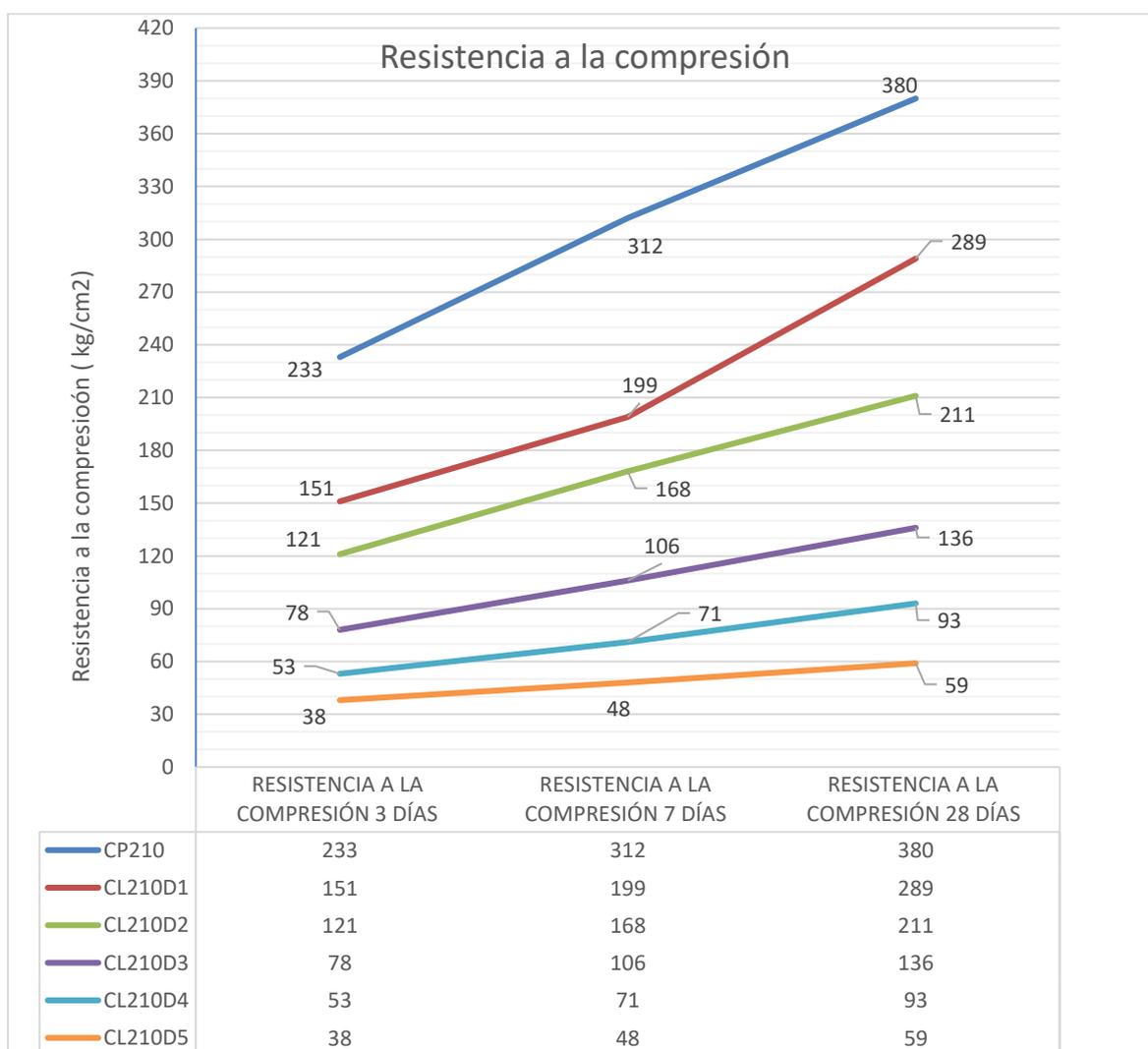


Figura 1: Resistencia a la compresión promedio por día de ensayo.

Tabla 10: Análisis de Costos por m³ y con adición porcentual del Lightcrete PE.

	CP210	CP210D1	CP210D2	CP210D3	CP210D4	CP210D5
COSTO X M³	S/468.84	S/ 546.33	S/ 623.82	S/ 712.37	S/ 778.80	S/ 933.78

Fuente: Propia.

CP210: Concreto patrón

CP210 D1: Concreto patrón + 0.0025% Lightcrete PE

CP210D2: Concreto patrón + 0.05% Lightcrete PE

CP210D3: Concreto patrón + 0.08% Lightcrete PE

CP210D4 Concreto patrón + 0.10% Lightcrete PE

CP210D5: Concreto patrón + 0.15% Lightcrete PE

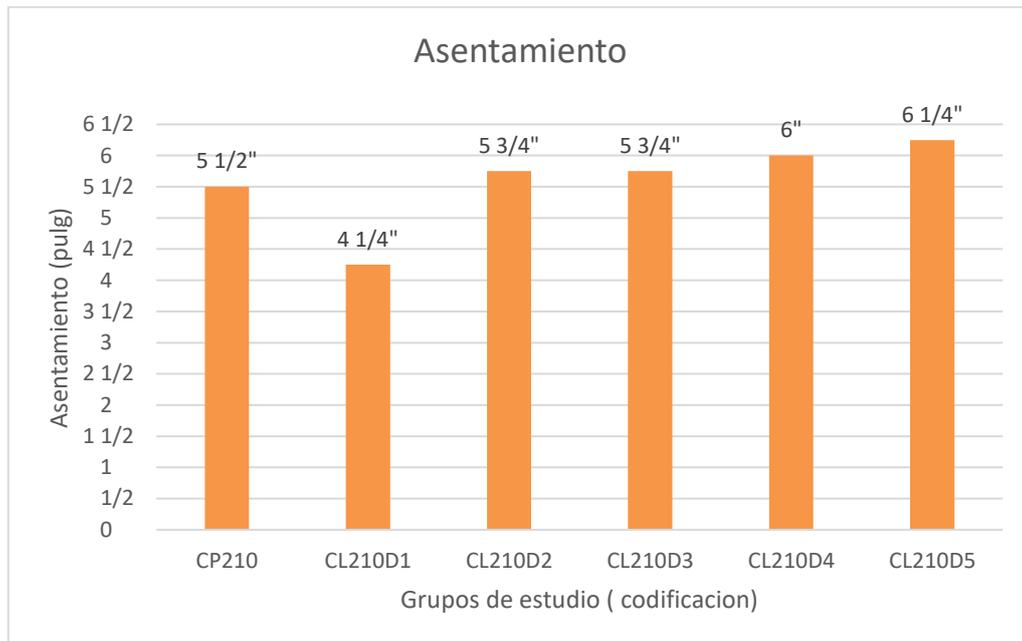


Figura 2: Asentamiento de los grupos estudiados.

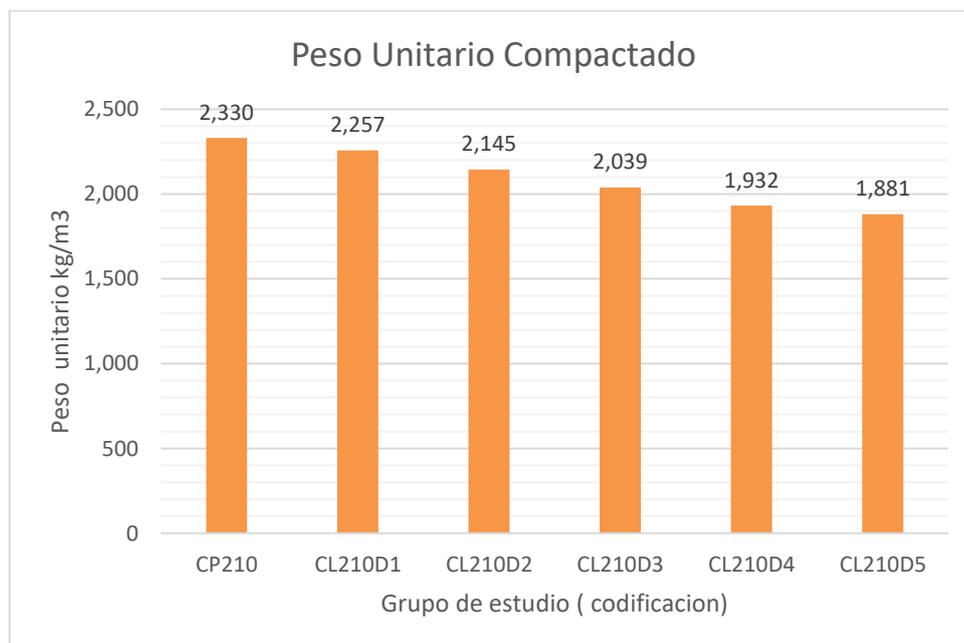


Figura 3: Peso Unitario del Concreto de cada sub grupo.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

- **Asentamiento**

Se realizó la prueba de asentamiento al concreto convencional en estado fresco, donde se obtuvo resultados desde 107.95 mm hasta 158.75, tal para lo que se había diseñado.

Según (Rivera, 2010), existen diferentes valores de asentamientos según el tipo de obra y condiciones de colocación.

Tabla 11: Clasificación y usos según el Asentamiento.

Consistencia	Asentamiento (mm)	Ejemplo de tipo de construcción	Sistema de colocación	Sistema de compactación
Muy Seca	0-20	Prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.	Con vibradores de formaleta, concreto lanzados	Secciones sujetas a vibración extrema, puede requerirse presión
Seca	20-35	Pavimentos.	Pavimentadoras con terminadora vibratoria.	Secciones sujetas a vibración intensa
Semi-seca	35-50	Pavimentos, fundaciones en concreto simple, losas poco reforzadas.	Colocación con máquinas operadoras manualmente	Sección simplemente reforzadas con vibración
Media(plástica)	50-100	Pavimentos compactados a mano, losas, muros, vigas, columnas, cimentaciones	Colocación manual	Secciones simplemente reforzada con vibración
Húmeda	100-150	Elementos estructurales esbeltos o muy reforzados	bombeo	Secciones bastante reforzadas con vibración

Muy húmeda	150-200	Elementos esbeltos, pilotes fundidos in situ	Tubo embudo tremie	Secciones altamente reforzadas sin vibración.
Súper Fluida	Más de 200	Elementos muy esbeltos	Autonivelante, autocompactante	Secciones altamente reforzadas sin vibración y normalmente no adecuadas para vibrarse

Fuente: (Rivera,2010).

Se observó que en comparación con la tabla anterior se partió desde el rango húmedo (100-150mm), y por cada porcentaje de aumento del aditivo Sika Lightcrete PE el concreto tiende a ser un poco más fluido llegando con el porcentaje de 0.15% de adición a el rango de muy húmeda ,esto se contrasto con la tesis denominada influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre su peso unitario, resistencia a la compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas , (Chuquilin, 2018) . La cual nos dice que al adicionar las perlas de poliestireno debido a que son un material higroscópico, es decir no absorbe agua, y al reemplazarlo por el agregado fino, la mezcla no absorbe la misma cantidad de agua, por lo que la mezcla resulta siendo más fluida. Obteniendo así un rango según la tabla “Húmeda” (100-150mm).

- **Peso Unitario Compactado**

Se observó el cambio en su peso volumétrico del concreto, ya que el aditivo Sika Lightcrete PE al ser un inclusor de aire de hasta 40% del volumen de la mezcla, ocasiona que el peso unitario del concreto convencional (2200 -2600 kg/m³) sea menor y de tal forma que entramos en el rango de concreto liviano.

Tabla 12: *Peso unitario del concreto + adiciones de Lightcrete PE.*

% Lightcrete PE	0%	0.025%	0.05%	0.08%	0.10%	0.15%
P.U.C	2330	2257	2145	2039	1932	1881
Reducción %	0%	3.13%	7.94%	12.49%	17.08%	19.27%

Fuente: Propia.

Se percibió un cambio en el peso unitario con la dosificación al 0.15% se observa una reducción del 19.27%.

A comparación con la tesis de (Chuquilin, 2018) denominada “ Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018”, en la cual encontró que al adicionar perlas reduce hasta un 20% de peso unitario, también nos dice que se considera que un concreto es ligero a todos los concretos que posean pesos unitario menores a los del rango convencional (2200 kg/m^3 - 2600 kg/m^3) por consiguiente los que cumplirían como concreto liviano sería la dosificación al 0.05%, 0.08%, 0.10%,0.15% de adición de aditivo Lightcrete PE.

- **Resistencia a la compresión**

Finalmente se observó la influencia que tiene el aditivo sika lightcrete en la resistencia a la compresión de las probetas cilíndricas, en la cual se vio una disminución en la resistencia conforme iba en aumento la adición de lightcrete

Tabla 13: Reducción de la resistencia a la compresión % de Lightcrete PE.

% lightcrete pe	0%	0.025%	0.05%	0.08%	0.10%	0.15%
Res.comp kg/cm2	380	289	211	136	93	59
Reducción %	0%	23.95%	44.47%	64.21%	75.53%	84.47%

Fuente: Propia.

Se pudo observar cómo es que la influencia del aditivo Lightcrete PE tiende a disminuir la resistencia , así como en la tesis de Chuquilin “ Influencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre su peso unitario, resistencia a la

compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018 “, se observó que la usar aditivos que disminuyan el peso del concreto estos tienden a disminuir la resistencia a la compresión, si son perlas de poliestireno reduce hasta un 39.71% su resistencia. En la tesis de Tantaquilla denominada “Influencia de piedra pómez sobre asentamiento, densidad, absorción y resistencia a compresión en concreto liviano estructural” reemplaza tanto el agregado fino como el agregado grueso por piedra pómez, el uso piedra pómez en reemplazo por volumen de agregado fino y agregado grueso, en la cual el obtuvo valores de resistencia a la compresión mayores. Esto nos indica que la adición del aditivo Sika Lightcrete PE es un agente muy agresivo en el cambio del peso del concreto y se observa ya que al aumentar el 0.05% la resistencia tiende a decaer.

- **Análisis Estadístico**

Se realizó por el método de análisis de la varianza en el cual se debe cumplir con ciertos parámetros, previo al análisis se debe tener una distribución normal y una confiabilidad adecuada para proyectos de investigación, según Kaplan y Sacuzzo (en Hogan, 2004) nos recomienda para el análisis de la varianza una confiabilidad de mínimo 70% en casos de proyectos de investigación si el caso fuese sobre toma de decisiones sobre una persona este nivel de confianza mínimo es del 95%. En caso de la distribución normal, debemos corroborar que todos los datos cumplan esta dicha distribución. Por consiguiente, se plantea una hipótesis nula e hipótesis alterna en la cual se evaluó si cumple o no dicha distribución.

H0: Si $p < 0.05$, los resultados no presentan una distribución normal

H1: Si $p > 0.05$, los resultados presentan una distribución normal

Tabla 14: Prueba de Normalidad de los sub grupos a edad de 3 días.

	Codificación	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión 3 días	CP210	,905	5	,437
	CP210D1	,962	5	,823
	CP210D2	,970	5	,875
	CP210D3	,855	5	,209
	CP210D4	,915	5	,501
	CP210D5	,967	5	,858

Fuente: Propia.

Tabla 15: Prueba de Normalidad de los sub grupos a edad de 7 días.

	Codificación	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión 7 días	CP210	,985	5	,962
	CP210D1	,874	5	,283
	CP210D2	,931	5	,604
	CP210D3	,841	5	,167
	CP210D4	,786	5	,062
	CP210D5	,876	5	,292

Fuente: Propia.

Tabla 16: Prueba de normalidad de los sub grupos a edad de 28 días.

	Codificación	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión 28 días	CP210	,977	10	,946
	CP210D1	,914	10	,308
	CP210D2	,966	10	,852
	CP210D3	,958	10	,768
	CP210D4	,924	10	,389
	CP210D5	,895	10	,193

Fuente: Propia.

Tabla 17: Confiabilidad de los sub grupos a edad de 3 días.

Confiabilidad 3 días	Codificación	Alpha de Cronbach	
		gl	Sig.
	CP210D1	2	,732
	CP210D2	2	,855
CP 210	CP210D3	2	,776
	CP210D4	2	,744
	CP210D5	2	,720

Fuente: Propia.

Tabla 18: Confiabilidad de los sub grupos a edad de 7 días.

Confiabilidad 7 días	Codificación	Alpha de Cronbach	
		gl	Sig.
	CP210D1	2	,774
	CP210D2	2	,776
CP 210	CP210D3	2	,726
	CP210D4	2	,712
	CP210D5	2	,857

Fuente: Propia.

Tabla 19: Confiabilidad de los sub grupos a edad de 28 días.

Confiabilidad 28 días	Codificación	Alpha de Cronbach	
		gl	Sig.
	CP210D1	2	,821
	CP210D2	2	,731
CP 210	CP210D3	2	,856
	CP210D4	2	,792
	CP210D5	2	,817

Fuente: Propia.

Tabla 20: ANOVA para el grupo de datos obtenidos a 3 días.

Análisis de la varianza para datos a edad de 3 días							
Mezcla	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
CP210D5	5	38,20					
CP210D4	5		52,80				
CP210D3	5			77,80			
CP210D2	5				120,80		
CP210D1	5					151,20	
CP210	5						233,20

Fuente: Propia.

Tabla 21: ANOVA para el grupo de datos obtenidos a 7 días.

Análisis de la varianza para datos a edad de 7 días							
Codificación	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
CP210D5	5	47,80					
CP210D4	5		70,60				
CP210D3	5			106,00			
CP210D2	5				168,00		
CP210D1	5					199,40	
CP210	5						312,40

Fuente: Propia.

Tabla 22: ANOVA para el grupo de datos obtenidos a 28 días.

Análisis de la varianza para datos a edad de 28 días							
Codificación	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
CP210D5	10	58,90					
CP210D4	10		93,20				
CP210D3	10			135,60			
CP210D2	10				211,10		
CP210D1	10					288,50	
CP210	10						380,10

Fuente: Propia.

4.2 Conclusiones

- Se observó la influencia que tiene el aditivo Sika Lightcrete PE en la resistencia a la compresión, viendo como al aumentar el porcentaje del aditivo este concreto convencional bajaba su resistencia a la compresión, partiendo como base un diseño de 210 kg/cm². Debido que el aditivo Lightcrete PE es un agente espumante lo que afecta en el peso del concreto, recalcando así el efecto que tiene sobre la resistencia a la compresión, con las adiciones al 0.025%, 0.05%, 0.08%, 0.10% y 0.15% se obtuvo reducciones de resistencia de 23.95%, 44.47%, 64.21%, 75.53% y 84.47% en la cual con la adición del 0.025% y 0.05% se aprecia que el concreto aún mantiene su uso estructural, según el RNE E.060 (Concreto armado) nos dice que para que un concreto sea considerado un concreto estructural, este dicho concreto debe mantener una resistencia de 210 kg/cm², cosa en la que en las adiciones ya mencionadas se obtuvo resistencias de 289 kg/cm² y 211 kg/cm² respectivamente.
- Se dio a conocer el efecto de la adición del aditivo Lightcrete PE en el asentamiento de un concreto convencional, al 0.025%, 0.05%, 0.08%, 0.10%, 0.15% se percibió la tendencia de aumento ya que inicio con 5 ½ pulg. la dosificación patrón y se culminó 6 ¼ pulg. con dosificación de 0.15%, de una manera externa vemos también influye la temperatura en el proceso del concreto debido a que con la dosificación 0.025% se observó un slump de 4 ¼ pulg. la temperatura 26.5 °C la cual está un poco elevada a comparación de dosificaciones anteriores. Ver anexo (cuadro de temperatura del concreto en estado fresco).

- Teniendo como patrón de estudio un diseño de 210 kg/cm²; los resultados obtenidos en el peso unitario del concreto indican que si es más ligero por cada adición de porcentaje de aditivo Lightcrete PE. El RNE E030 Cargas nos dice que el peso de un concreto normal esta entre 2200 kg/m³ 2400 kg/m³), en la tesis de (Chuquilin, 2018) nos indica que todo valor menos a 2200 ya es considerado un concreto ligero, con fines estructurales la mejor dosificación que obtener en el concreto ligero y cual cumple función estructural es con el 0.05% ya que con este porcentaje presenta una resistencia a la compresión de 211 kg/cm² y un peso unitario de 2145 kg/m³.
- Como aporte adicional de este trabajo de investigación, se identificó que si se excede el uso del 0.05% de aditivo Sika Lighcrete, el concreto se vuelve ligero y ya no cumplirá los parámetros mínimos para ser un concreto estructural, por otro lado, se plantea el uso de adiciones mayores a la mencionada para el uso en partidas complementarias que agreguen cargas estáticas a la estructura.

REFERENCIAS

- Angulo V., C., & Malavé R., A. (09 de Marzo de 2016). *Evaluación experimental de las propiedades mecánicas: resistencia, módulo de elasticidad y esfuerzos de adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto liviano estructural. Universidad Central de Venezuela*. Obtenido de <http://saber.ucv.ve/handle/123456789/13584>
- Chuquilin, J. (2018). *nfluencia del porcentaje de perlas de poliestireno sobre peso unitario, resistencia a compresión y asentamiento en un concreto liviano estructural para losas aligeradas, Trujillo 2018. Universidad Privada del Norte*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/14821>
- Garcia, O. (2003). *Contrucción de viviendas monoliticas utilizando concreto celular*. Mexico: Universidad de Sonora.
- Lazo Arraya, J. (2017). *Diseño de concreto celular para diferentes densidades, analisis de sus propiedades y sus aplicaciones* . Arequipa : Universdidad Nacional de San Agustin de Arequipa.
- Neville, C. (1998). *Tecnologia del Concreto*. España: Libro impreso ESP.
- Norma Técnica Peruana, N. (1999). *NTP 400.017.1999 metodo de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. Lima: NTP.
- Norma Técnica Peruana, N. (2001). *NTP 400.012.2001 Analisis Granulometrico del agregado grueo, fino y global* . Lima: NTP.
- Norma Técnica Peruana, N. (2002). *NTP 400.021.2002 netodo de ensayo normalizado para densidad y absorcion del agregado grueso* . Lima: NTP.
- Norma Técnica Peruana, N. (2008). *NTP339.046.2008 Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la densidad del concreto*. Lima: NTP.

- Norma Técnica Peruana, N. (2013). *NTP 339.185.2013 Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima: NTP.
- Norma Técnica Peruana, N. (2013). *NTP 400.022.2013 Metodo de ensayo normalizado para la densidad y absorcion del agregado fino* . Lima: NTP.
- Norma Técnica Peruana, N. (2015). *NTP 339.034.2015 Metodo de ensayo normalizado para la determinacion de la resistencia a la compresion en muestras cilindricas*. Lima: NTP.
- Norma Técnica Peruana, N. (2015). *NTP 339.035.2015 Metodo de ensayo normalizado para la determinacion del asentamiento del concreto en estado fresco*. Lima: NTP.
- Quesada Viquez, N. M. (2014). *Estudio exploratorio en diseños de mezclas de concreto liviano para Holcim (Costa Rica) S.A. Tecnológico de Costa Rica*. Obtenido de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3295>
- Sika Building trust, S. b. (2016). *Hoja Tecnica del Lightcrete PE*. Trujillo: Sika S.A.C.
- Veliz, A., & Vásquez, J. (2018). *Obtencion de concreto ligero estructural mediante el uso de aditivos (Tesis para optar el titulo profesional de Ingeniero Civil)*. UNSA, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/5719>
- Videla, C., & López, M. (1999). *Dosificacion de Hormigones Livianos*. *Revista Ingeniería de Construcción*. Obtenido de <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/386/pdf>
- Yagual Vera, D. G., & Villacís Apolinario, D. W. (2015). *Hormigón liviano de alto desempeño con arcilla expandida*. *Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2294>

ANEXOS

Anexo N° 1: Caracterización de los agregados.

Tabla 23: Datos de la Cantera y Fecha de ensayo.

Datos de la muestra	
Descripción:	Arena Zarandeada
Procedencia:	Cantera Quebrada León
Fecha de Ensayo:	21/05/2019
Masa inicial(gr):	1200
Masa Final(gr):	1198
Diferencia(Max 0.3%):	0.17%
Características Físicas	
Tamaño Máximo Nominal	
Módulo de Finura:	2.31

Fuente: Propia.

Tabla 24: Análisis Granulométrico del agregado fino.

Análisis Granulométrico- Agregado Fino						
Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (gr)	Peso de la muestra (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
#4	4.750	510	0	0	0	100.0
#8	2.360	478	118	9.8	9.8	90.2
#16	1.180	412	178	14.9	24.7	75.3
#30	0.600	382	221	18.4	43.2	56.8
#50	0.300	344	288	24.0	67.2	32.8
#100	0.150	330	222	18.5	85.7	14.3
#200	0.075	380	110	9.2	94.9	5.1
fondo	-	442	61	5.1	100.0	0.0
			1198	100		

Fuente: Propia.

Tabla 25: Datos de la Cantera y Fecha de ensayo.

Datos de la muestra	
Descripción:	Piedra Chancada H67
Procedencia:	Cantera Quebrada León
Fecha de Ensayo:	21/05/2019
Masa inicial(gr):	5600
Masa Final(gr):	5588
Diferencia(Max 0.3%):	0.21%
Características Físicas	
Tamaño Máximo	¾"
Nominal	
Módulo de Finura:	6.59

Fuente: Propia.

Tabla 26: Análisis Granulométrico del agregado grueso.

Análisis Granulométrico- Agregado Grueso					
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante
2"	50.80	0.0	0	0	100
1 1/2"	38.20	0.0	0	0	100
1"	25.40	0.0	0	0	100
3/4"	19.00	71.0	1.3	1.3	98.7
1/2"	12.70	1832.0	32.8	34.1	65.9
3/8"	9.53	1611.0	28.8	62.9	37.1
# 4	4.75	1887.0	33.8	96.7	3.3
#8	2.360	171.0	3.1	99.7	0.3
fondo	-	16.0	0.3	100.0	0.0
		5588	100		

Fuente: Propia.

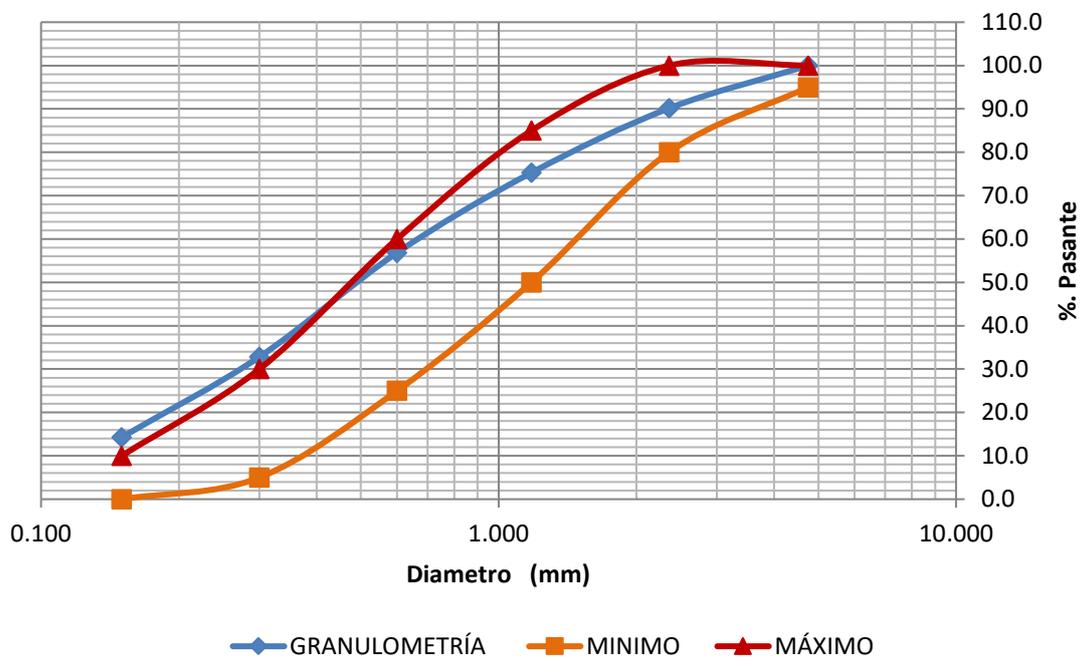


Figura 4: Curva Granulométrica del Agregado Fino.

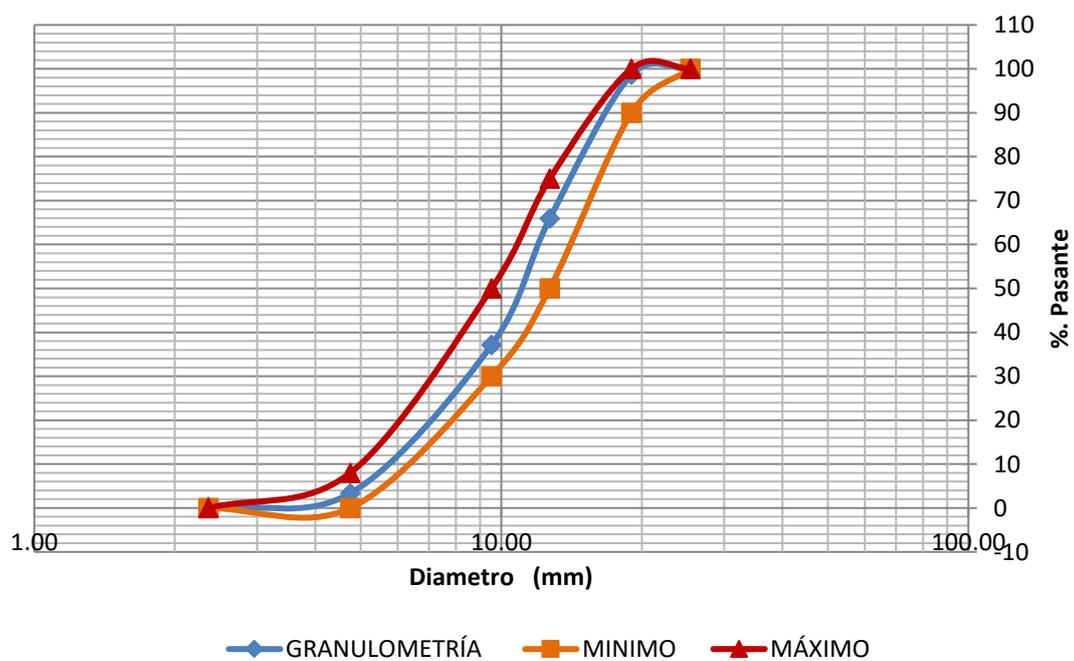


Figura 5: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.

Anexo N° 2: Contenido de Humedad.

Tabla 27: Contenido de humedad del agregado fino.

Datos de la muestra	
Descripción:	Contenido de Humedad- Agregado Fino
Procedencia:	Cantera Quebrada león
Fecha de Ensayo:	21/05/2019
Masa inicial(gr):	500
Masa seca Final(gr):	497
Contenido de humedad:	0.6%

Fuente: Propia.

Tabla 28: Contenido de humedad del agregado grueso.

Datos de la muestra	
Descripción:	Contenido de Humedad- Agregado Grueso
Procedencia:	Cantera Quebrada león
Fecha de Ensayo:	21/05/2019
Masa inicial(gr):	2000
Masa seca Final(gr):	1992
Contenido de humedad:	0.4%

Fuente: Propia.

Anexo N° 3: Peso Específico y porcentaje de Absorción.

Tabla 29: Datos de la cantera y fecha de ensayo.

Datos de la muestra	
Descripción:	Peso Específico del Agregado Fino
Procedencia:	Cantera Quebrada león
Fecha de Ensayo:	21/05/2019

Fuente: Propia.

ENSAYO PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO NTP 400.021	
N° DE MUESTRA	N°1
P. de Muestra en estado SSS	489
Peso picnómetro + agua	700
Peso picnómetro + agua + muestra	1006
P. muestra seca	481.8
Peso Específico	2.63
% Absorción	1.50%

Figura 6: Cuadro de resultados del peso específico y absorción del agregado fino.

Tabla 30: Datos de la cantera y fecha de ensayo.

Datos de la muestra	
Descripción:	Peso Específico del Agregado Grueso
Procedencia:	Cantera Quebrada león
Fecha de Ensayo:	21/05/2019

Fuente: Propia.

ENSAYO PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO NTP 400.022	
N° DE MUESTRA	N°1
P. de Muestra en estado SSS gr	2000
Peso suspendido gr	1268
P. muestra seca gr	1984
Peso Específico	2.71
% Absorción	0.80

Figura 7: Cuadro de resultados del peso específico y absorción del agregado grueso.

Anexo N° 4: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.

ENSAYO PESO UNITARIO SECO SUELTO – ARENA	
N° DE MUESTRA	N°1
P. molde	3,390
P. del molde+ arena	15,150
Peso de la arena	11,760
Volumen del Molde	0.0071
Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)	1,661

Figura 8: Cuadro de resultado de peso unitario suelto de la arena.

ENSAYO PESO UNITARIO SECO COMPACTADO – ARENA	
N° DE MUESTRA	N°1
P. molde	3,390
P. del molde+ arena	16,100
Peso de la arena	12,710
Volumen del Molde	0.0071
Peso Unitario Seco Compactado (PUSC)	1,795

Figura 9: Cuadro de resultado de peso unitario compactado de la arena.

Anexo N° 5: Peso unitario seco suelto y compactado del agregado grueso.

ENSAYO PESO UNITARIO SECO SUELTO – PIEDRA	
N° DE MUESTRA	N°1
P. molde	3,390
P. del molde+ piedra	13,500
Peso de la piedra	10,110
Volumen del Molde	0.0071
Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)	1,424

Figura 10: Cuadro de resultado del peso unitario suelto de la piedra.

ENSAYO PESO UNITARIO SECO COMPACTADO – PIEDRA	
N° DE MUESTRA	N°1
P. molde	3,390
P. del molde+ arena	16,150
Peso de la arena	12,76
Volumen del Molde	0.0071
Peso Unitario Seco Compactado (PUSC)	1,796

Figura 11: Cuadro de resultado del peso unitario compactado de la piedra.

Anexo N°6: Diseño de mezcla.

Tabla 31: Características de los materiales.:

Descripción Materiales	Peso Específico (kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)	Módulo de Finura	TMN A. G.	PUS (kg/m ³)
Cemento Tipo I	3000	-	-	-	-	
Agua	1000	-	-	-	-	
Agregado Fino	2630	1.5	0.6	2.3	4.75	1660
Agregado Grueso	2710	0.8	0.4	6.6	3/4	1420
ViscoCrete 40HE	1010					

Fuente: Propia.

Tabla 32: Consideraciones y requisitos para el diseño de mezcla- combinación de agregados.

Consideraciones – Requisitos del concreto									
F'c (Kg/cm ²)	Desv. Estándar (Kg/cm ²)	f'cr (Kg/cm ²)	Agua (lt)	Relación A/C	Cemento (Kg)	Módulo de Finura global	Agregado grueso (%)	Agregado fino (%)	Slump (pulg)
210	--	--	209	0.50	418	4.66	0.55	0.45	5
Evaluación y Ajustes de Incidencias de Agregados				Mfg Diseño Evaluación Mfg		4.76	Mfg= módulo de finura global		

Fuente: Propia.

Tabla 33: Diseño de mezcla del concreto patrón – CP210.

Dosificación del Concreto Patrón						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda 30 L
Cemento Tipo I	1	418		418		12.54
Material Cementante:		418	0.1393	418	418	12.54
Agua		209	0.2090	219	209	6.58
Agregado Fino		748	0.2843	752	759	22.56
Agregado Grueso		941	0.3474	945	949	28.36
Sika Lightcrete PE	1010	0.00%				
Aire Atrapado		2.00%	0.0200			
Total	1.00	2316	1.0000	2335	2335	70.00

Fuente: Propia.

Tabla 34: Diseño de mezcla patrón + 0.025% de Lightcrete PE – CP210D1.

Dosificación del Concreto +0.025% lightcrete PE						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Peso Húmedo (kg/m ³)	Peso SSS (kg/m ³)	Tanda 30 L
Cemento Tipo I	1	418		418		12.54
Material Cementante:		418	0.1393	418	418	12.54
Agua		209	0.2090	219	209	6.58
Agregado Fino		747	0.2842	752	759	22.56
Agregado Grueso		941	0.3473	945	949	28.36
	1010	0.025%	0.105	0.105	0.105	0.0031
Aire Atrapado		2.00%	0.0200			
Total	1.00	2316	1.0000	2334	2334	70.00

Fuente: Propia.

Tabla 35: Diseño de mezcla patrón+ 0.05% de Lightcrete PE- CP210D2.

Dosificación del Concreto +0.05% lightcrete PE						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Tipo I	1	418		418		12.54
Material Cementante:		418	0.1393	418	418	12.54
Agua		209	0.2090	219	209	6.58
Agregado Fino		747	0.2842	752	759	22.56
Agregado Grueso		941	0.3473	945	949	28.36
Sika Lightcrete PE	1010 0.05%	0.21	0.0002	0.21	0.21	0.0063
Aire Atrapado	2.00%		0.0200			
Total	1.00	2316	1.0000	2334	2334	70.00

Fuente: Propia.

Tabla 36: Diseño de mezcla patrón+ 0.08% de Lightcrete PE- CP210D3.

Dosificación del Concreto +0.08% lightcrete PE						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Tipo I	1	418		418		12.54
Material Cementante:		418	0.1393	418	418	12.54
Agua		209	0.2090	219	209	6.58
Agregado Fino		747	0.2842	752	759	22.56
Agregado Grueso		941	0.3473	945	949	28.36
Sika Lightcrete PE	1010 0.08%	0.33	0.0003	0.33	0.33	0.0100
Aire Atrapado	2.00%		0.0200			
Total	1.00	2316	1.0000	2334	2334	70.00

Fuente: Propia.

Tabla 37: Diseño de mezcla patrón+ 0.10% de Lightcrete PE- CP210D4.

Dosificación del Concreto +0.10% lightcrete PE						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Tipo I	1	418		418		12.54
Material Cementante:		418	0.1393	418	418	12.54
Agua		209	0.2090	219	209	6.58
Agregado Fino		747	0.2841	752	758	22.55
Agregado Grueso		941	0.3472	945	948	28.34
Sika Lightcrete PE	1010 0.10%	0.42	0.0004	0.42	0.42	0.0125
Aire Atrapado	2.00%		0.0200			
Total	1.00	2316	1.0000	2334	2334	70.00

Fuente: Propia.

Tabla 38: Diseño de mezcla patrón+ 0.15% de Lightcrete PE- CP210D5.

Dosificación del Concreto +0.10% lightcrete PE						
Materiales	%	Peso Seco (kg/m³)	Volumen (m³)	Peso Húmedo (kg/m³)	Peso SSS (kg/m³)	Tanda 30 L
Cemento Tipo I	1	418		418		12.54
Material Cementante:		418	0.1393	418	418	12.54
Agua		209	0.2090	219	209	6.58
Agregado Fino		747	0.2841	752	758	22.55
Agregado Grueso		941	0.3472	945	948	28.34
Sika Lightcrete PE	1010 0.10%	0.42	0.0004	0.42	0.42	0.0125
Aire Atrapado	2.00%		0.0200			
Total	1.00	2316	1.0000	2334	2334	70.00

Fuente: Propia.

Anexo N°7: Resistencias a la compresión

Tabla 39: Resistencia a la compresión Patrón a 3 días – CP210.

Relación A/C 0.50 Patrón (03 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	19017	80.12	237
n°2	10.1	10.1	10.1	18545	80.12	231
n°3	10.1	10.1	10.1	18883	80.12	236
n°4	10.1	10.1	10.1	17790	80.12	222
n°5	10.1	10.1	10.1	19227	80.12	240
Promedio						233

Fuente: Propia.

Tabla 40: Resistencia a la compresión Patrón a 7 días – CP210.

Relación A/C 0.50 Patrón (07 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	24803	80.12	310
n°2	10.1	10.1	10.1	24051	80.12	300
n°3	10.1	10.1	10.1	25311	80.12	316
n°4	10.1	10.1	10.1	24987	80.12	312
n°5	10.1	10.1	10.1	25972	80.12	324
Promedio						312

Fuente: Propia.

Tabla 41: Resistencia a la compresión Patrón a 28 días – CP210.

Relación A/C 0.50 Patrón (28 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	30549	80.12	381
n°2	10.1	10.1	10.1	31930	80.12	399
n°3	10.1	10.1	10.1	29858	80.12	373
n°4	10.1	10.1	10.1	30491	80.12	381
n°5	10.1	10.1	10.1	30674	80.12	383
n°6	10.1	10.1	10.1	28945	80.12	361
n°7	10.1	10.1	10.1	31350	80.12	391
n°8	10.1	10.1	10.1	30772	80.12	384
n°9	10.1	10.1	10.1	29594	80.12	369
n°10	10.1	10.1	10.1	30331	80.12	379
Promedio						380

Fuente: Propia.

Tabla 42: Resistencia a la compresión Patrón +0.025% Lightcrete PE a 3 días – CP210D1.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.025% Lightcrete (03 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	12387	80.12	155
n°2	10.1	10.1	10.1	11962	80.12	149
n°3	10.1	10.1	10.1	12102	80.12	151
n°4	10.1	10.1	10.1	11894	80.12	148
n°5	10.1	10.1	10.1	12220	80.12	153
Promedio						151

Fuente: Propia.

Tabla 43: Resistencia a la compresión Patrón +0.025% Lightcrete PE a 7 días – CP210D1.

Relación A/C 0.50 Patrón ++0.025% Lightcrete (07 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	15280	80.12	191
n°2	10.1	10.1	10.1	16841	80.12	210
n°3	10.1	10.1	10.1	15722	80.12	196
n°4	10.1	10.1	10.1	16567	80.12	207
n°5	10.1	10.1	10.1	15440	80.12	193
Promedio						199

Fuente: Propia.

Tabla 44: Resistencia a la compresión Patrón +0.025% Lightcrete PE a 28 días – CP210D1.

Relación A/C 0.50 Patrón+0.025% Lightcrete (28 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	24162	80.12	302
n°2	10.1	10.1	10.1	23948	80.12	299
n°3	10.1	10.1	10.1	23345	80.12	291
n°4	10.1	10.1	10.1	24361	80.12	304
n°5	10.1	10.1	10.1	20745	80.12	259
n°6	10.1	10.1	10.1	23481	80.12	293
n°7	10.1	10.1	10.1	21880	80.12	273
n°8	10.1	10.1	10.1	23003	80.12	287
n°9	10.1	10.1	10.1	23632	80.12	295
n°10	10.1	10.1	10.1	22569	80.12	282
Promedio						289

Fuente: Propia.

Tabla 45: Resistencia a la compresión Patrón +0.05% Lightcrete PE a 3 días – CP210D2.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.05% Lightcrete (03 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	9647	80.12	120
n°2	10.1	10.1	10.1	9522	80.12	119
n°3	10.1	10.1	10.1	10063	80.12	126
n°4	10.1	10.1	10.1	9235	80.12	115
n°5	10.1	10.1	10.1	9908	80.12	124
Promedio						121

Fuente: Propia.

Tabla 46: Resistencia a la compresión Patrón +0.05% Lightcrete PE a 7 días – CP210D2.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.05% Lightcrete (07 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	13472	80.12	168
n°2	10.1	10.1	10.1	12750	80.12	159
n°3	10.1	10.1	10.1	13892	80.12	173
n°4	10.1	10.1	10.1	13970	80.12	174
n°5	10.1	10.1	10.1	13324	80.12	166
Promedio						168

Fuente: Propia.

Tabla 47: Resistencia a la compresión Patrón +0.05% Lightcrete PE a 28 días – CP210D2.

Relación A/C 0.50 Patrón+0.05% Lightcrete (28 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	17426	80.12	217
n°2	10.1	10.1	10.1	17647	80.12	220
n°3	10.1	10.1	10.1	16826	80.12	210
n°4	10.1	10.1	10.1	16181	80.12	202
n°5	10.1	10.1	10.1	16561	80.12	207
n°6	10.1	10.1	10.1	17098	80.12	213
n°7	10.1	10.1	10.1	16944	80.12	211
n°8	10.1	10.1	10.1	16730	80.12	209
n°9	10.1	10.1	10.1	17459	80.12	218
n°10	10.1	10.1	10.1	16366	80.12	204
Promedio						211

Fuente: Propia.

Tabla 48: Resistencia a la compresión Patrón +0.08% Lightcrete PE a 3 días – CP210D3.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.08% Lightcrete (03 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	6544	80.12	82
n°2	10.1	10.1	10.1	5980	80.12	75
n°3	10.1	10.1	10.1	6029	80.12	75
n°4	10.1	10.1	10.1	6703	80.12	84
n°5	10.1	10.1	10.1	5854	80.12	73
Promedio						78

Fuente: Propia.

Tabla 49: Resistencia a la compresión Patrón +0.08% Lightcrete PE a 7 días – CP210D3.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.08% Lightcrete (07 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	8358	80.12	111
n°2	10.1	10.1	10.1	8897	80.12	103
n°3	10.1	10.1	10.1	8240	80.12	110
n°4	10.1	10.1	10.1	8824	80.12	102
n°5	10.1	10.1	10.1	8144	80.12	104
Promedio						106

Fuente: Propia.

Tabla 50: Resistencia a la compresión Patrón +0.08% Lightcrete PE a 28 días – CP210D3.

Relación A/C 0.50 Patrón+0.08% Lightcrete (28 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	10293	80.12	128
n°2	10.1	10.1	10.1	10735	80.12	134
n°3	10.1	10.1	10.1	10544	80.12	132
n°4	10.1	10.1	10.1	11185	80.12	140
n°5	10.1	10.1	10.1	11344	80.12	142
n°6	10.1	10.1	10.1	10856	80.12	135
n°7	10.1	10.1	10.1	11332	80.12	141
n°8	10.1	10.1	10.1	10575	80.12	132
n°9	10.1	10.1	10.1	10803	80.12	135
n°10	10.1	10.1	10.1	11004	80.12	137
Promedio						136

Fuente: Propia.

Tabla 51: Resistencia a la compresión Patrón +0.10% Lightcrete PE a 3 días – CP210D4.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.10% Lightcrete (03 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	4088	80.12	51
n°2	10.1	10.1	10.1	3976	80.12	50
n°3	10.1	10.1	10.1	4462	80.12	56
n°4	10.1	10.1	10.1	4177	80.12	52
n°5	10.1	10.1	10.1	4395	80.12	55
Promedio						53

Fuente: Propia.

Tabla 52: Resistencia a la compresión Patrón +0.10% Lightcrete PE a 7 días – CP210D4.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.10% Lightcrete (07 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	5445	80.12	68
n°2	10.1	10.1	10.1	6186	80.12	77
n°3	10.1	10.1	10.1	5547	80.12	69
n°4	10.1	10.1	10.1	5662	80.12	71
n°5	10.1	10.1	10.1	5482	80.12	68
Promedio						71

Fuente: Propia.

Tabla 53: Resistencia a la compresión Patrón +0.10% Lightcrete PE a 28 días – CP210D4.

Relación A/C 0.50 Patrón+0.10% Lightcrete (28 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	7307	80.12	91
n°2	10.1	10.1	10.1	7498	80.12	94
n°3	10.1	10.1	10.1	7505	80.12	94
n°4	10.1	10.1	10.1	7467	80.12	93
n°5	10.1	10.1	10.1	7499	80.12	94
n°6	10.1	10.1	10.1	7622	80.12	95
n°7	10.1	10.1	10.1	7408	80.12	92
n°8	10.1	10.1	10.1	7453	80.12	93
n°9	10.1	10.1	10.1	7380	80.12	92
n°10	10.1	10.1	10.1	7566	80.12	94
Promedio						93

Fuente: Propia.

Tabla 54: Resistencia a la compresión Patrón +0.15% Lightcrete PE a 3 días – CP210D5.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.15% Lightcrete (03 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	2750	80.12	34
n°2	10.1	10.1	10.1	3381	80.12	42
n°3	10.1	10.1	10.1	3150	80.12	39
n°4	10.1	10.1	10.1	2905	80.12	36
n°5	10.1	10.1	10.1		80.12	40
Promedio						38

Fuente: Propia.

Tabla 55: Resistencia a la compresión Patrón +0.15% Lightcrete PE a 7 días – CP210D5.

Relación A/C 0.50 Patrón +0.15% Lightcrete (07 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	3971	80.12	50
n°2	10.1	10.1	10.1	4075	80.12	51
n°3	10.1	10.1	10.1	3627	80.12	45
n°4	10.1	10.1	10.1	3586	80.12	45
n°5	10.1	10.1	10.1	3859	80.12	48
Promedio						48

Fuente: Propia.

Tabla 56: Resistencia a la compresión Patrón +0.15% Lightcrete PE a 28 días – CP210D5.

Relación A/C 0.50 Patrón+0.15% Lightcrete (28 días)						
	D1	D2	Dprom	Resistencia	Área	Resistencia
	cm	cm		(kg)	(cm ²)	(kg/cm ²)
n°1	10.1	10.1	10.1	4861	80.12	61
n°2	10.1	10.1	10.1	4658	80.12	58
n°3	10.1	10.1	10.1	4902	80.12	61
n°4	10.1	10.1	10.1	4536	80.12	57
n°5	10.1	10.1	10.1	4645	80.12	58
n°6	10.1	10.1	10.1	4720	80.12	59
n°7	10.1	10.1	10.1	4553	80.12	57
n°8	10.1	10.1	10.1	4817	80.12	60
n°9	10.1	10.1	10.1	4670	80.12	58
n°10	10.1	10.1	10.1	4792	80.12	60
Promedio						59

Fuente: Propia.

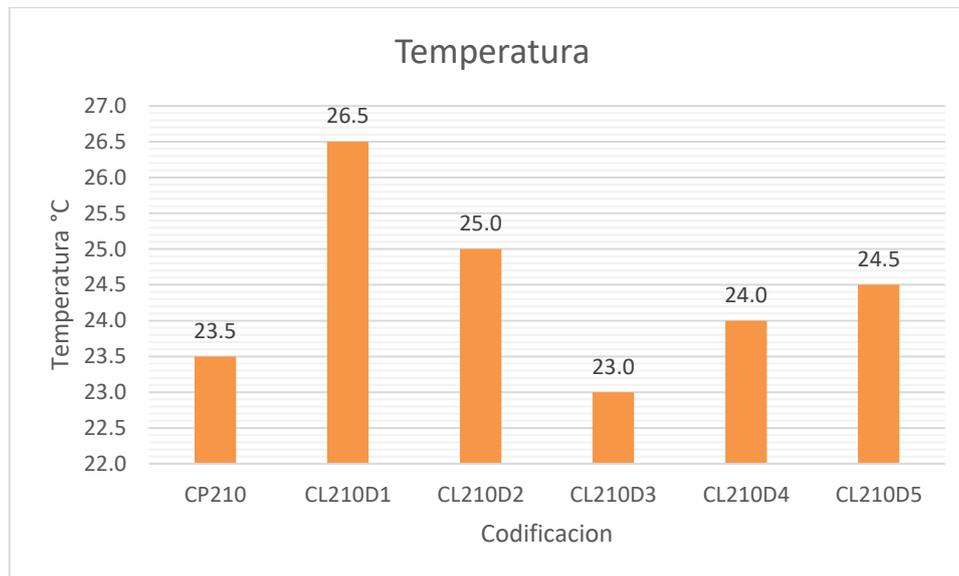


Figura 12: Cuadro de temperatura del concreto en estado fresco.

Tabla 57: Análisis de costos unitario para el concreto patrón.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
CONCRETO F'c	210	KG/CM2			TOTAL	S/434.38
RENDIMIENTO	13	M3/DIA				
JORNADA	8	HORAS/DIA				
CON EQUIPO						
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/287.37
CEMENTO	BOLSAS		9.84	S/ 26.80	S/263.71	
PIEDRA	M3		0.2843	S/ 43.46	S/12.36	
ARENA	M3		0.3474	S/ 29.53	S/10.26	
AGUA	M3		0.2090	S/ 5.00	S/1.05	
MANO DE OBRA						S/104.20
CAPATAZ		0.2	0.123076923	S/ 22.20	S/2.73	
OFICIAL		1	0.615384615	S/ 9.67	S/5.95	
OPERADOR DE EQUIPO		2	1.230769231	S/ 12.77	S/15.72	
MEDIANO						
OPERARIO		2	1.230769231	S/ 12.16	S/14.97	
PEON		12	7.384615385	S/ 8.78	S/64.84	
EQUIPOS						S/42.81
HERRAMIENTAS			5		S/5.21	
MANUALES						
MEZCLADORA		1	0.8	S/ 35.00	S/28.00	
VIBRADORA		1	0.8	S/ 12.00	S/9.60	

Fuente: Propia.

Tabla 58: Análisis de costos de un concreto convencional +0.025% de Lightcrete PE.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS + 0.025% Lightcrete PE						
CONCRETO F'c	210	KG/CM2			TOTAL	S/511.87
RENDIMIENTO	13	M3/DIA				
JORNADA	8	HORAS/DIA				
CON EQUIPO						
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/364.86
CEMENTO	BOLSAS		9.84	S/ 26.80	S/263.71	
PIEDRA	M3		0.2843	S/ 43.46	S/12.36	
ARENA	M3		0.3474	S/ 29.53	S/10.26	
AGUA	M3		0.2090	S/ 5.00	S/1.05	
Sika Lightcrete Pe	Litros		0.1050	S/ 738.00	S/77.49	
MANO DE OBRA						S/104.20
CAPATAZ		0.2	0.123076923	S/ 22.20	S/2.73	
OFICIAL		1	0.615384615	S/ 9.67	S/5.95	
OPERADOR DE EQUIPO		2	1.230769231	S/ 12.77	S/15.72	
MEDIANO						
OPERARIO		2	1.230769231	S/ 12.16	S/14.97	
PEON		12	7.384615385	S/ 8.78	S/64.84	
EQUIPOS						S/42.81
HERRAMIENTAS			5		S/5.21	
MANUALES						
MEZCLADORA		1	0.8	S/ 35.00	S/28.00	
VIBRADORA		1	0.8	S/ 12.00	S/9.60	

Fuente: Propia.

Tabla 59: Análisis de costos de un concreto convencional +0.05% de Lightcrete PE.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS + 0.05% Lightcrete PE						
CONCRETO F'c	210	KG/CM2			TOTAL	S/589.36
RENDIMIENTO	13	M3/DIA				
JORNADA	8	HORAS/DIA				
CON EQUIPO						
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/442.35
CEMENTO	BOLSAS		9.84	S/ 26.80	S/263.71	
PIEDRA	M3		0.2843	S/ 43.46	S/12.36	
ARENA	M3		0.3474	S/ 29.53	S/10.26	
AGUA	M3		0.2090	S/ 5.00	S/1.05	
Sika Lightcrete Pe	Litros		0.2100	S/ 738.00	S/154.98	
MANO DE OBRA						S/104.20
CAPATAZ		0.2	0.123076923	S/ 22.20	S/2.73	
OFICIAL		1	0.615384615	S/ 9.67	S/5.95	
OPERADOR DE EQUIPO		2	1.230769231	S/ 12.77	S/15.72	
MEDIANO						
OPERARIO		2	1.230769231	S/ 12.16	S/14.97	
PEON		12	7.384615385	S/ 8.78	S/64.84	
EQUIPOS						S/42.81
HERRAMIENTAS			5		S/5.21	
MANUALES						
MEZCLADORA		1	0.8	S/ 35.00	S/28.00	
VIBRADORA		1	0.8	S/ 12.00	S/9.60	

Fuente: Propia.

Tabla 60: Análisis de costos de un concreto convencional +0.08% de Lightcrete PE.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS + 0.08% Lightcrete PE						
CONCRETO F'c	210	KG/CM2			TOTAL	S/677.92
RENDIMIENTO	13	M3/DIA				
JORNADA	8	HORAS/DIA				
CON EQUIPO						
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/530.91
CEMENTO	BOLSAS		9.84	S/ 26.80	S/263.71	
PIEDRA	M3		0.2843	S/ 43.46	S/12.36	
ARENA	M3		0.3474	S/ 29.53	S/10.26	
AGUA	M3		0.2090	S/ 5.00	S/1.05	
Sika Lightcrete Pe	Litros		0.3300	S/ 738.00	S/243.54	
MANO DE OBRA						S/104.20
CAPATAZ		0.2	0.123076923	S/ 22.20	S/2.73	
OFICIAL		1	0.615384615	S/ 9.67	S/5.95	
OPERADOR DE EQUIPO		2	1.230769231	S/ 12.77	S/15.72	
MEDIANO						
OPERARIO		2	1.230769231	S/ 12.16	S/14.97	
PEON		12	7.384615385	S/ 8.78	S/64.84	
EQUIPOS						S/42.81
HERRAMIENTAS			5		S/5.21	
MANUALES						
MEZCLADORA		1	0.8	S/ 35.00	S/28.00	
VIBRADORA		1	0.8	S/ 12.00	S/9.60	

Fuente: Propia.

Tabla 61: Análisis de costos de un concreto convencional +0.10% de Lightcrete PE.

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS + 0.10% Lightcrete PE						
CONCRETO F'c	210	KG/CM2			TOTAL	S/744.34
RENDIMIENTO	14	M3/DIA				
JORNADA	9	HORAS/DIA				
CON EQUIPO						
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/597.33
CEMENTO	BOLSAS		9.84	S/ 26.80	S/263.71	
PIEDRA	M3		0.2843	S/ 43.46	S/12.36	
ARENA	M3		0.3474	S/ 29.53	S/10.26	
AGUA	M3		0.2090	S/ 5.00	S/1.05	
Sika Lightcrete Pe	Litros		0.4200	S/ 738.00	S/309.96	
MANO DE OBRA						S/104.20
CAPATAZ		0.2	0.123076923	S/ 22.20	S/2.73	
OFICIAL		1	0.615384615	S/ 9.67	S/5.95	
OPERADOR DE EQUIPO		2	1.230769231	S/ 12.77	S/15.72	
MEDIANO						
OPERARIO		2	1.230769231	S/ 12.16	S/14.97	
PEON		12	7.384615385	S/ 8.78	S/64.84	
EQUIPOS						S/42.81
HERRAMIENTAS			5		S/5.21	
MANUALES						
MEZCLADORA		1	0.8	S/ 35.00	S/28.00	
VIBRADORA		1	0.8	S/ 12.00	S/9.60	

Fuente: Propia.

Tabla 62: Análisis de costos de un concreto convencional +0.15% de Lightcrete PE.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS + 0.15% Lightcrete PE						
CONCRETO F'c	210	KG/CM2			TOTAL	S/899.32
RENDIMIENTO	14	M3/DIA				
JORNADA	9	HORAS/DIA				
CON EQUIPO						
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL
MATERIALES						S/752.31
CEMENTO	BOLSAS		9.84	S/ 26.80	S/263.71	
PIEDRA	M3		0.2843	S/ 43.46	S/12.36	
ARENA	M3		0.3474	S/ 29.53	S/10.26	
AGUA	M3		0.2090	S/ 5.00	S/1.05	
Sika Lightcrete Pe	Litros		0.63	S/ 738.00	S/464.94	
MANO DE OBRA						S/104.20
CAPATAZ		0.2	0.123076923	S/ 22.20	S/2.73	
OFICIAL		1	0.615384615	S/ 9.67	S/5.95	
OPERADOR DE EQUIPO		2	1.230769231	S/ 12.77	S/15.72	
MEDIANO						
OPERARIO		2	1.230769231	S/ 12.16	S/14.97	
PEON		12	7.384615385	S/ 8.78	S/64.84	
EQUIPOS						S/42.81
HERRAMIENTAS			5		S/5.21	
MANUALES						
MEZCLADORA		1	0.8	S/ 35.00	S/28.00	
VIBRADORA		1	0.8	S/ 12.00	S/9.60	

Fuente: Propia.



INFORME DE ENSAYO N° 0025-2020-QCE/TRJ

Fecha de Emisión: 12/01/2020

1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CUENTE : JOE YEPEZ CRUZADO
 PROYECTO : TESIS DE INVESTIGACION UNIVERSITARIA
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 ID MUESTRA : CONCRETO F'C = 210 KG/CM2 + 0.025% SIKKA LIGHTCRETE

2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F _c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Díametro (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falta
C210-0.0255L (1)	210	09/01/2020	12/01/2020	3	10.1	80.12	12187	155	74%	2
C210-0.0255L (2)	210	09/01/2020	12/01/2020	3	10.1	80.12	11962	149	71%	2
C210-0.0255L (3)	210	09/01/2020	12/01/2020	3	10.1	80.12	12102	151	72%	4
C210-0.0255L (4)	210	09/01/2020	12/01/2020	3	10.1	80.12	11894	148	70%	2
C210-0.0255L (5)	210	09/01/2020	12/01/2020	3	10.1	80.12	12220	153	73%	1
Promedio								151	72%	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (F_c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo S-001LCO2, N° Serie 05022021, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-022-2019, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39.
- Se usaron almonadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1201.
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39.



Carla Evelyn Vargas Toribio
 ING. CIVIL
 R. CIP. N° 170889

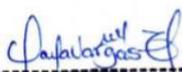
Figura 13: Certificado de ensayo de probetas.

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f _c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Dímetro (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP210 (11)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	30549	381	181%	1
CP210 (12)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	31930	399	190%	1
CP210 (13)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	29858	373	178%	2
CP210 (14)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	30491	381	181%	1
CP210 (15)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	30674	383	182%	5
CP210 (16)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	28945	361	172%	2
CP210 (17)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	31350	391	186%	1
CP210 (18)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	30772	384	183%	1
CP210 (19)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	29594	369	176%	2
CP210 (20)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	30331	379	180%	1
Promedio								380	181%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f_c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-022-2019, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

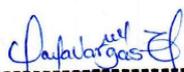
Figura 14: Certificado de ensayo de probetas patrón.

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f _c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Dímetro (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
C210-0.025SL (11)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	24162	302	144%	1
C210-0.025SL (12)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	23948	299	142%	1
C210-0.025SL (13)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	23345	291	139%	2
C210-0.025SL (14)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	24361	304	145%	1
C210-0.025SL (15)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	20745	259	123%	2
C210-0.025SL (16)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	23481	293	140%	1
C210-0.025SL (17)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	21880	273	130%	2
C210-0.025SL (18)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	23003	287	137%	2
C210-0.025SL (19)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	23632	295	140%	1
C210-0.025SL (20)	210	09/01/2020	06/02/2020	28	10.1	80.12	22569	282	134%	2
Promedio								289	138%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f_c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-022-2019, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

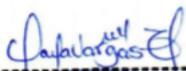
Figura 15: Certificado de ensayo de probetas patrón +0.025%.

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f _c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
C210-0.055L (11)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	17426	217	103%	4
C210-0.055L (12)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	17647	220	105%	1
C210-0.055L (13)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	16826	210	100%	1
C210-0.055L (14)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	16181	202	96%	2
C210-0.055L (15)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	16561	207	99%	2
C210-0.055L (16)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	17098	213	101%	1
C210-0.055L (17)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	16944	211	100%	2
C210-0.055L (18)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	16730	209	100%	1
C210-0.055L (19)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	17459	218	104%	1
C210-0.055L (20)	210	02/12/2019	30/12/2019	28	10.1	80.12	16366	204	97%	2
Promedio								211	100%	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f_c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-022-2019, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

Figura 16: Certificado de Ensayo de Probetas Patrón +0.05%.

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	f _c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm ²)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm ²)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
C210-0.085L (11)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	10293	128	61%	2
C210-0.085L (12)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	10735	134	64%	1
C210-0.085L (13)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	10544	132	63%	2
C210-0.085L (14)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	11185	140	67%	2
C210-0.085L (15)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	11344	142	68%	4
C210-0.085L (16)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	10856	135	64%	2
C210-0.085L (17)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	11332	141	67%	1
C210-0.085L (18)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	10575	132	63%	2
C210-0.085L (19)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	10803	135	64%	5
C210-0.085L (20)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	11004	137	65%	2
Promedio								136	65%	

NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f_c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-022-2019, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

Figura 17: Certificado de Ensayo de Probetas Patrón + 0.08%.

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F _c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Dímetro (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
C210-0.10SL (11)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7307	91	43%	5
C210-0.10SL (12)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7498	94	45%	1
C210-0.10SL (13)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7505	94	45%	2
C210-0.10SL (14)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7467	93	44%	2
C210-0.10SL (15)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7499	94	45%	2
C210-0.10SL (16)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7622	95	45%	1
C210-0.10SL (17)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7408	92	44%	2
C210-0.10SL (18)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7453	93	44%	2
C210-0.10SL (19)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7380	92	44%	4
C210-0.10SL (20)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	7566	94	45%	2
Promedio								93	44%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (F_c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-022-2019, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

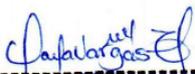
Figura 18: Certificado de ensayo de probetas patrón + 0.10%.

3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificación Testigo	F _c (kg/cm ²)	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Dímetro (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm ²)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
C210-0.15SL (11)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4861	61	29%	1
C210-0.15SL (12)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4658	58	28%	2
C210-0.15SL (13)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4902	61	29%	1
C210-0.15SL (14)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4536	57	27%	2
C210-0.15SL (15)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4645	58	28%	2
C210-0.15SL (16)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4720	59	28%	4
C210-0.15SL (17)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4553	57	27%	2
C210-0.15SL (18)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4817	60	29%	2
C210-0.15SL (19)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4670	58	28%	2
C210-0.15SL (20)	210	03/12/2019	31/12/2019	28	10.1	80.12	4792	60	29%	1
Promedio								59	28%	

NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (F_c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° CMC-022-2019, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39



Carla Evelin Vargas Toribio
ING. CIVIL
R. CIP. N° 170889

Figura 19: Certificado de ensayo de probetas patrón + 0.15%.



Figura 20: Medición según diseño del agregado grueso.



Figura 21: Recepción del concreto después de 7 minutos de mezclado.



Figura 22: Asentamiento del concreto en estado fresco.



Figura 23: Medición del asentamiento.



Figura 24: Peso Unitario del concreto.



Figura 25: Elaboración de probetas.



Figura 26: Curado de probetas.



Figura 27: Probetas por ensayar después de 7 días de curado.



Figura 28: Resistencia alcanzada a los 7 días de curado por probeta C210 +0.05%SL.

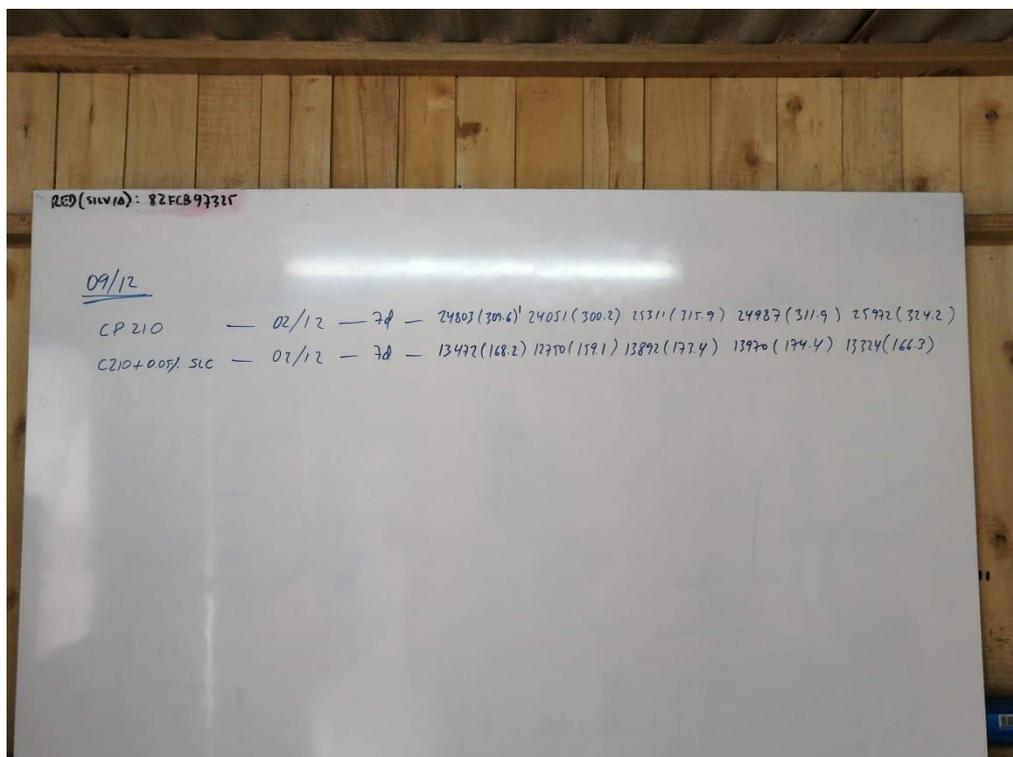


Figura 29: Resistencias alcanzadas a 7 días de curado por CP210 y C210 +0.05%SL.



Figura 30: Probeta ensayada a Resistencia a la compresión 7 días de curado; probeta C210 +0.05%SL.



Figura 31: Ensayo de Resistencia a la compresión a 28 días de curado; probeta CP210.



Figura 32: Ensayo de Resistencia a la compresión a 28 días de curado; probeta C210 + 0.025SL.



Figura 33: Visita del asesor a las pruebas de resistencia la compresión.