



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas
del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en Cañete, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Peralta Vásquez, Liber Jesús (ORCID: 0000-0002-3345-5672)

ASESOR:

Dr. Ing. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ingeniería Sísmica y Estructural

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme la fuerza necesaria para no rendirme, a mis padres por darme su apoyo incondicional y al Ing. Tello, por su asesoría.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a mi familia, en especial a mis padres por su apoyo incondicional, y en segundo lugar a mis docentes por brindarme los conocimientos necesarios que a lo largo de la carrera me mostraron lo interesante y hermosa que es la Ingeniería Civil.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I INTRODUCCIÓN	11
II MÉTODO.....	44
2.1 Tipo y diseño de investigación	45
2.2 Operacionalización de variables	46
2.3 Población, muestra y muestreo	49
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	50
2.5 Procedimiento	51
2.6 Métodos de análisis de datos.....	52
2.7 Aspectos éticos.....	52
III RESULTADOS.....	53
3.1 Desarrollo del procedimiento.....	54
3.2 Resultados.....	67
3.3 Contrastación de hipótesis	70
IV DISCUSIÓN	72
4.1 Discusión 1.....	73
4.2 Discusión 2.....	74
4.3 Discusión 3.....	76
V CONCLUSIONES	77
5.1 Conclusión general.....	78
5.2 Conclusiones específicas	78
VI RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS	81
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Contenido de minerales de algunas especies de algas marinas (g/100g)</i>	23
Tabla 2. <i>Características de la composición de algunas de las algas más importantes.</i>	23
Tabla 3. <i>Tiempo de tolerancia admisible según la edad</i>	28
Tabla 4. <i>Tabla de operacionalización de variables</i>	48
Tabla 5. <i>Muestras a ser ensayadas a 28 días de edad</i>	49
Tabla 6. <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i>	56
Tabla 7. <i>Peso específico del agregado fino</i>	56
Tabla 8. <i>Peso unitario del agregado fino</i>	57
Tabla 9. <i>Análisis granulométrico de la piedra</i>	57
Tabla 10. <i>Peso específico del agregado grueso y % de absorción</i>	58
Tabla 11. <i>Peso unitario del agregado grueso y % de humedad</i>	58
Tabla 12. <i>Pesos específicos de cementos peruanos realizados por el LEM-UNI</i>	59
Tabla 13. <i>f_{cr} cuando no hay desviación estándar</i>	60
Tabla 14. <i>Consistencia y slump</i>	61
Tabla 15. <i>Volumen unitario de agua</i>	61
Tabla 16. <i>Contenido de aire atrapado</i>	62
Tabla 17. <i>Relación agua cemento</i>	62
Tabla 18. <i>Contenido de agregado grueso</i>	63
Tabla 19. <i>Resultados de la resistencia a la compresión</i>	67
Tabla 20. <i>Resultados de la resistencia a la tracción</i>	68
Tabla 21. <i>Resistencia a la flexión</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ulva lactuca	19
<i>Figura 2.</i> Gracilaria	20
<i>Figura 3.</i> Fucus vesiculosus	20
<i>Figura 4.</i> a) SEM concreto de referencia y b) SEM concreto modificado.....	26
<i>Figura 5.</i> Esquema típico de una máquina para compresión	27
<i>Figura 6.</i> Tipos de fallas en especímenes cilíndricas sometidas a compresión	29
<i>Figura 7.</i> Barras de rodamiento y tiras de triplay con la muestra.	31
<i>Figura 8.</i> esquema de la concentración de esfuerzos	32
<i>Figura 9.</i> Configuración para la prueba de resistencia a la flexión del concreto	34
<i>Figura 10.</i> Especie de alga(deshidratada) “Chondrus canaliculatus”	54
<i>Figura 11.</i> Tamizado de algas en el tamiz N° 100	55
<i>Figura 12.</i> Curva granulométrica del agregado fino	56
<i>Figura 13.</i> Curva granulométrica del agregado grueso	58
<i>Figura 14.</i> Adición de polvo de algas marinas al cemento.	66
<i>Figura 15.</i> Presencia de eflorescencias durante el curado de las muestras	66
<i>Figura 16.</i> Resistencia a la compresión promedio	67
<i>Figura 17.</i> Resistencia a la tracción promedio	68
<i>Figura 18.</i> Resistencia a la flexión promedio.....	69

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. La metodología empleada fue de diseño experimental y de tipo aplicada. El procedimiento consistió en tamizar las algas marinas molidas y tomar el material pasante de la malla N° 100, luego fabricar muestras con 0.1%, 0.5% y 1% de polvo de algas marinas con respecto al peso del cemento, curar las muestras durante 28 días y finalmente realizar el ensayo de resistencia a la compresión y el ensayo de resistencia a la tracción en probetas de 10x20cm y realizar el ensayo de resistencia a la flexión en vigas de 15x15x50cm. Los resultados mostraron que el polvo de algas marinas mejora 45% la resistencia a la compresión, 14% la resistencia a la tracción y 9% la resistencia a la flexión, además el porcentaje óptimo de polvo de algas marinas es de 0.5%. Finalmente se concluyó que el polvo de algas marinas influye favorablemente en las propiedades mecánicas del concreto debido a la presencia de polímeros, teniendo mayor influencia en la resistencia a la compresión y el porcentaje optimo es de 0.5%.

Palabras clave: polvo de algas marinas, propiedades mecánicas del concreto, material sostenible, concreto modificado con polímero natural.

ABSTRACT

The main objective of this research is to determine the influence of seaweed dust on the mechanical properties of concrete $f'_c = 210\text{kg} / \text{cm}^2$. The methodology used is of experimental design and applied type. The procedure consisted of sieving the ground seaweed and taking the through material of the mesh No. 100, then manufacturing samples with 0.1%, 0.5% and 1% of seaweed powder with respect to the weight of the cement, curing the samples for 28 days and finally perform the compressive strength test, the tensile strength test on 10x20cm specimens and perform the flexural strength test on beams of 15x15x50cm. The results showed that seaweed dust improves 45% compressive strength, 14% tensile strength and 9% flexural strength, plus the optimal percentage of seaweed powder is 0.5%. Finally, it was concluded that seaweed dust favorably influences the mechanical properties of concrete due to the presence of polymers, having a greater influence on compressive strength and the optimum percentage is 0.5%.

Keywords: seaweed powder, mechanical properties of concrete, sustainable material, natural polymer modified concrete.

I INTRODUCCIÓN

Actualmente en todo el mundo la demanda en el rubro de la construcción de construir cada vez edificios de mayor altura con estructuras de concreto es mayor, teniendo la exigencia de tener que incrementar su resistencia a esfuerzos mecánicos de tal manera que se reduzcan secciones y en consecuencia los costos. (Segura, Vélez y Medina, 2012)

Los aditivos usados en la construcción han tenido un incremento muy notorio por los beneficios que brinda al mejorar las propiedades del concreto, pero tiene como desventaja que al ser aditivos industriales contaminan el ambiente. (Babilonia y Urango, 2015)

El cemento Portland y en su intento por mejorar algunas propiedades específicas del concreto innovaron en varios tipos como el cemento Portland de Tipo I al V, además cementos con cenizas como escorias y puzolanas, etc. Los cuales a pesar de sus características específicas no abarcan todas las exigencias que demanda el rubro de la construcción y por ende es necesario el uso de aditivos. (Castro, 2001)

La industria de la construcción de nuestros tiempos exige materiales con un mejor desempeño en cuanto a resistencia, esfuerzos mecánicos y resistencia a los ambientes agresivos. Los concretos de resistencias altas se llaman concreto de alto desempeño, los cuales están mejor preparados para aguantar solicitaciones adicionales a las comunes (Figueroa y Palacio, 2008).

El crecimiento tecnológico de los países desarrollados en todo el mundo tiene impacto sobre la demanda de materiales de construcción, la cual está aumentando exponencialmente teniendo por ejemplo a los países asiáticos, que tiene como uno de sus focos principales el desarrollo sostenible. (Kulkarni, 2017). El Perú no es ajeno a la demanda de aditivos para mejorar el concreto y debe hacerlo en armonía con el medio ambiente.

En el mundo se han usado como aditivos naturales para el concreto, sábila, cactus, algas marinas, y se han obtenido resultados positivos mejorando propiedades del concreto como por ejemplo su resistencia y trabajabilidad.

Entre los estudios realizados previamente a nivel internacional como nacional tenemos a los autores que se mencionan en los párrafos siguientes.

Islam y Zularisam bin (2017), en su artículo científico “Effect of mixing proportion on the properties of seaweed modified sustainable concrete” presentada en la 2da conferencia internacional de ciencia aplicada y tecnología (ICAST’17) en Malasia. Cuyo objetivo principal fue determinar la resistencia a la compresión y a la tracción de morteros adicionados con 0.1%, 0.3%, 0.6%, 1.1%, 2.1% y 5.1%. La metodología consistió en fabricar mezclas con 0.1%, 0.3%, 0.6%, 1.1%, 2.1% y 5.1% de algas marinas con respecto al peso del cemento, las algas marinas se añadieron en forma de polvo y es de la especie *Gracilaria Sp.*, la resistencia a la compresión se determinó en especímenes cubicas(50x50x50cm) a las edades de 7, 14 y 28 días, y la resistencia a la tracción se determinó en cilindros(15x30cm) solo para la edad de 28 días. Concluyo que para todas las edades el porcentaje óptimo de adición de algas marinas es de 0.6%, mejorando a 28 días un 17% la resistencia a la compresión y 60% la resistencia a la tracción. Además de 0.1% hasta 1.1% de adición se incrementa la resistencia.

Ramasubramani, Praveen y Sathyanarayanan (2016), en su artículo científico titulado “Study on the strength properties of marine algae concrete” presentado al departamento de Ingeniería Civil de la SRM University en la India, cuyo objetivo principal fue determinar las características de esfuerzo del concreto mezclado con algas marinas. La metodología fue realizar especímenes de prueba de concreto normal y concreto con adiciones de algas marinas cafés en porcentajes de 2%, 5%, 8% y 10% del peso de cemento a un concreto de grado(resistencia) M25, se dejó endurecer por 3, 7 y 28 días, y finalmente realizar el ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cubicas (cubo de 15x15x15cm), tracción indirecta en especímenes cilíndricas (cilindro de 10cm de diámetro por 20cm de alto), para el ensayo de flexión se usó especímenes simples (cubo de 10x10x50cm), para el ensayo de deflexión se usó especímenes reforzadas con acero (15x20x120cm), y la prueba de impacto(cilindros de 10cm y 20cm de diámetro). Cabe mencionar que los autores no detallan la forma de preparación de las algas. Concluye que en general se mejora las características mecánicas, la mezcla optima es de 8% de algas marinas, mejorando 20%, 20% y 25% la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta y resistencia a la

flexión respectivamente. Además, para la misma adición la viga de concreto armado resistió un 15% más de carga en comparación a la carga aplicada a la viga de concreto armado convencional.

Hernández et al (2016), en su artículo científico titulado “Influence of cactus mucilage and marine brown algae extract on the compressive strength and durability of concrete” publicada en la revista *Materiales de construcción del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España*, tuvo como uno de sus objetivos principales, analizar el comportamiento mecánico del concreto adicionado con soluciones de mucilago de nopal y extracto de algas marinas pardas. La metodología utilizada consistió en usar una dispersión acuosa comercial de algas marinas pardas de especie *macrocystis pyrifera*, este se filtró en un tamiz N° 100, luego se mezcló el retenido con agua destilada en proporción en volumen 1:1 para obtener el extracto de algas marinas con una concentración de 0.42%(w/v), luego se elaboraron especímenes cilíndricas (10x20cm) con relaciones agua cemento de 0.3 y 0.6, el extracto se añadió reemplazando el volumen de agua de la mezcla con el volumen del extracto, finalmente fueron curadas por 0 días y 28 días, luego ensayadas a 60 y 120 días de edad. Concluye que los aditivos orgánicos utilizados no mejoran significativamente la resistencia a la compresión del concreto en comparación a la de control, excepto para el caso de la mezcla preparada con relación agua cemento de 0.6, con 0 días de curado y 120 días de edad, en la cual se obtuvo una mejora del 20% tanto para la mezcla con solución de mucilago de nopal y extracto de algas marinas.

Amaran y Ravi (2016), en su artículo científico titulado “Effect of cactus on the rheological properties of cement” presentado al departamento de ingeniería civil de la SRM University en la India, cuyo objetivo determinar el efecto del extracto de cactus en la consistencia, trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto. La metodología estuvo basada en preparar un extracto de cactus con proporción de 1:3(CEX), una parte de cactus por cada tres de agua en peso, luego se prepararon la mezcla convencional y las mezclas con adiciones de 10% y 20% de extracto de cactus, luego se realizó la prueba en el aparato de Vicat para determinar la consistencia, se realizó la prueba del cono de slump para determinar la trabajabilidad de la mezcla, se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión para un cubo de concreto de 10cm

de lado, para profundizar la investigación realizó un análisis de espectroscopia infrarroja de transformada de Fourier para examinar los posibles cambios químicos debido a la adición del aditivo y también se realizó un escáner microscópico electrónico a muestras pulidas para ver la estructura interna del concreto. Concluye que el uso del extracto del cactus(CEX) mejora significativamente la consistencia, trabajabilidad y resistencia a la compresión, mejora la consistencia en 0.5% por cada 10% de CEX, mejora la trabajabilidad reduciendo la relación agua cemento, mejora la resistencia a la compresión en 17.2% y 18.5% para adiciones de 10% y 20% de CEX respectivamente. Además, con el escáner microscópico electrónico apreció que el concreto con CEX presenta mayor formación de calcita es decir tiene la propiedad de autocurarse.

Pagoti (2015), en su artículo científico titulado “Study on the influence of Marine Algae Properties by using in concrete” presentada a la jornada internación de investigación académica del departamento de ingeniería civil del Institute of Technology and Sciences en la India, cuyo objetivo fue determinar la influencia de las algas marinas en las propiedades del concreto. La metodología fue realizar las mezclas con adiciones de algas marinas pardas en forma húmeda de 5%, 10% y 15% variando los grados(resistencia) del concreto, luego se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en cubos(15cm), el ensayo de tracción indirecta en cilindros(10x20cm), el ensayo en el cono de slump para medir el asentamiento, y el ensayo de contracción plástica en lositas(85x54x25cm). Cabe mencionar que el autor no describe la preparación de las algas marinas pardas. Concluyo que la mezcla con 15% de algas marinas se obtiene mejores resultados, mejora la resistencia a la compresión en 17.4%, la resistencia a la tracción indirecta en 24.2%, el asentamiento mejora en 2%, y también mejora la contracción del concreto.

Susilorini, et. al. (2014), en su artículo científico titulado “The advantage of natural polymer modified mortar with seaweed: green construction material innovation for sustainable concrete” presentado en la 2da Conferencia Internacional sobre Estructuras de Ingeniería Civil y Materiales de Construcción Sostenibles en la Pelita Harapan University, en Indonesia, cuyo objetivo principal fue evaluar las propiedades

mecánicas del mortero modificado con un polímero natural como son las algas. La metodología utilizada consistió en dos partes, la primera realizar un pre-experimento con algas marinas en forma de gel(*eucheuma cottonii*) y en forma de polvo(*Gracilaria Sp.*) con adiciones de 0.1%, 0.5%, 1% y 5% para evaluar la resistencia a la compresión a las edades de 7 y 14 días, luego elegir una de las formas con el cual se obtiene mejores resultados, para este caso fue el polvo, la segunda parte es el experimento principal que consistió en fabricar muestras con adiciones de alga en polvo(*Gracilaria Sp.*) de 0.1%, 0.5%, 1%, 2% y 5% para evaluar la resistencia a la compresión a la edad de 7, 14 y 28 días y tracción indirecta a la edad de 28 días. Para todos los ensayos de resistencia a la compresión se realizó en cubos de 50x50x50cm y para los ensayos de resistencia a la tracción se usó muestras cilíndricas de 15x30cm y además las adiciones se realizaron en porcentaje con respecto al peso del cemento. Concluyendo que la adición óptima es del 0.5%, mejorando un 20% la resistencia a la compresión y un 92% para la resistencia a la tracción a la edad de 28 días.

Ramos (2017), en su tesis de título titulada “Influencia del mucilago de tuna en las Propiedades Mecánicas de un Concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la Adición de Mucílago de Tuna, Chimbote, Ancash – 2017” presentada a la facultad de ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo, Chimbote, cuyo objetivo fue determinar y analizar la influencia del mucilago de tuna en las propiedades mecánicas de un concreto de 210kg/cm^2 . La metodología consistió en obtener la pulpa de la hoja de tuna y mediante un proceso convertirlos a galletas para tritararlo y finalmente obtener el mucilago de tuna en polvo, luego preparar las mezclas con adiciones de mucilago en tuna de 1%, 1.5% y 2% en relación al peso del cemento, y realizar el ensayo de resistencia a la compresión en cilindros (15x30cm), tracción en cilindros (15x30 cm) y flexión en vigas(15x15x45cm) para 7, 14 y 28 días de curado, la. Concluyo que para todas las adiciones el mucilago de nopal influye de manera positiva en las propiedades mecánicas del concreto, variando directamente proporcional a las adiciones, para una adición del 2% la resistencia a la compresión, tracción y flexión mejora 25.46%, 8.68% y 4% respectivamente.

Lázaro (2018), en sus tesis de título titulada “Comparación técnica entre el concreto reforzado con fibras naturales y el concreto convencional en el distrito de Marca -

Recuay-Ancash, 2017” presentada la facultad de ingeniería civil de la Universidad Cesar Vallejo, tuvo como objetivo determinar la influencia de las fibras de penca en el concreto convencional. La metodología consistió en recolectar las hojas secas de penca de la localidad del distrito de Marcas, dejarlas remojar en agua durante 3 días y deshilarlas, luego se elaboró 24 probetas(6 de cada tipo) de mezcla de control y las mezclas con 0.3%, 0.9% y 1.5% de fibra de penca y someter a ensayo de compresión en probetas, tracción en probetas y flexión es una muestra de 15x15x50cm con luz libre de 45cm. Concluyo que la adición de fibra de penca influye de manera positiva en las propiedades del concreto siendo la adición optima el 0.3%. Los ensayos de resistencia a la compresión, tracción y flexión presentan un incremento del 3.3%,10.3% y 12% respectivamente para la adicción de 0.3% y el curado a los 28 días.

Sánchez (2018), en su tesis de título titulada “Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento en 4% y 7% por cenizas de hojas de pino “pinus” presentada a la facultad de ingeniería civil de la Universidad San Pedro, tuvo como objetivo principal determinar la influencia de las cenizas de pino en las características de compresión del concreto. La metodología consistió en realizar el Análisis Térmico Diferencial (ATD) para determinar el grado de calcinación y el tiempo de quemado de las hojas, luego se realizó el quemado de las hojas a 600°C durante 2 horas, luego se elaboró las probetas con 4% y 7% de adicciones para 7, 14 y 28 días de curado en muestras cilíndricas(15x30cm), luego se realizó el ensayo correspondiente para hallar la resistencia a la compresión. Concluyó que se permite el uso de cenizas de pino para adicciones menores a 7% ya que al superar este valor la resistencia a la compresión disminuye, se encontró un incremento máximo de la resistencia del 23%.

Algas Marinas

La definición de las algas marinas es un término informal, se puede considerar algas marinas a todas aquellas algas que se encuentran en el océano. Las algas tienen muchos usos; como comestible, como ingrediente en pasta de dientes, cosméticos y pinturas, etc. las algas marinas proporcionan una fuente rica y diversa de materia prima para la elaboración de gomas de algas, gracias a un grupo de compuestos naturales

caracterizados por sus propiedades espesantes y gelificantes. (Kulkarni y Muthadhi, 2017). Se tiene conocimiento que el primer tipo de especie vegetal que se adhirió a una estructura de concreto en la costa fue un alga filamentosa. Probablemente la población se deba a la permanente abrasión de las zonas costeras debido al movimiento de la marea que levanta la arena y también las piedras pequeñas en los alrededores de las bases de las estructuras.

Existen numerosas especies de algas marinas en todo el mundo, las algas marinas pueden ser de tamaños microscópicos como macroscópicos. También, existen algas unicelulares y multicelulares. La obtención de energía es de tipo autótrofa (organismo que elabora sus propios nutrientes a partir de sustancias inorgánicas), estos absorben la radiación lumínica a partir de pigmentos fotosintéticos, aunque algunas, dependiendo de las condiciones, pueden comportarse como heterótrofas (organismos que elaboran su alimento a partir de materia orgánica). En cuanto a los pigmentos de las macroalgas ubicadas en las profundidades de océanos templados y polares que forman grandes bosques marinos no reciben la intensidad lumínica normal, debido a que al vivir en grandes profundidades los rayos de luz son filtrados y no llegan hacia ellas, por lo tanto, cuentan con pigmentos que les permiten realizar la fotosíntesis.

Ante la presencia de los diferentes colores de pigmentos en las algas, se ha generado el sistema de clasificación en base a la coloración, pero esta clasificación no es pertinente debido a que el filo de algas rojas puede contener algas de color azul o púrpura, por ejemplo. Las algas marinas y las filamentosas poseen un horizonte extremadamente extenso de los requisitos ambientales, los cuales varían según la ubicación y la especie. Desde el punto de vista ecológico, las algas son las plantas fotosintéticas más amplia, conformando la gran parte de la absorción del carbono mediante las células microscópicas en agua dulce y marina. Los requisitos ambientales necesarios para el desarrollo de algas son los nutrientes, la energía solar, el potencial hidrogeno, la salinidad del mar, temperatura, la profundidad y la cantidad de algas.

La clasificación de las algas es un tema muy complejo, la clasificación más fácil que se le da a las algas se basa en si son unicelulares o pluricelulares.

Las unicelulares, generalmente llamadas microalgas. Las multicelulares por lo general se clasifican en tres grupos grandes; algas verdes o Chlorophyta (Clorofitas), algas pardas o Phaeophyta (Feofitas) y algas rojas o Rhodophyta (Rodofitas).

A continuación, se describe la clasificación de las algas multicelulares en función a su color.

Algas verdes (clorofitas), se considera que este grupo de algas tienen entre 6000 y 8000 especies en todo el mundo, de las cuales solo una pequeña porción se distribuye en los océanos. Son verdes debido a la presencia de clorofila, pero algunas presentan diferentes pigmentos accesorios (retiene energía que la clorofila no puede de retener) que pueden hacer que las algas verdes varíen su coloración y presentarlas con tonos oscuros o amarillos. Su reproducción es sexual y asexual. En la figura 1 se observa la especie de alga *Ulva lactuca*, conocida comúnmente como lechuga de mar, su coloración varía de verde a verde oscuro, esta especie mencionada pertenece a la clasificación de algas verdes,



Figura 1. Ulva lactuca

Fuente: Hasan, 2009

Algas rojas (rodofitas), presentes en ecosistemas marinos ubicados generalmente en climas tropicales. Cuenta con 6.000 especies aproximadamente y su coloración roja se debe a un pigmento llamado ficoeritrina. Por otra parte, este pigmento es considerado un pigmento accesorio para la clorofila, pues este absorbe la poca luz que ingresa a las grandes profundidades del océano. Comercialmente las algas rojas son aprovechadas en la gastronomía de varios países por ser un alimento nutritivo, sus paredes celulares se aprovechan para producir polímeros espesantes de alimentos mediante procesos. Los géneros *Gelidium* y *Gracilaria* (Ver figura 2) son utilizados para la elaboración de agarosa (polisacárido) empleada en laboratorios.



Figura 2. Gracilaria

Fuente: Hasan, 2009

Algas pardas (feofíceas), esta clase de algas la conforman aproximadamente 1500 especies en la división Coromofita, se encuentran en climas de aguas frías en los océanos a lo largo de las costas de todos los continentes. Las especies de agua dulce son raras. Su coloración varía de verde oliva a marrón oscuro, su coloración depende de la fucoxantina (pigmento marrón) y de la clorofila (pigmento verde). Además, las algas pardas se presentan de diferentes formas y tamaños. Las algas pardas se reproducen sexualmente y asexualmente. Algunas especies de algas marinas poseen vejigas llenas de neumatocistos (gas), que hacen que parte o todo el talo del alga se mantenga flotando en la superficie del agua. La figura 3 muestra la especie *Fucus vesiculosus* perteneciente a la clasificación de algas pardas.



Figura 3. Fucus vesiculosus

Fuente: Hasan, 2009

Las algas marinas tienen muchas aplicaciones, a continuación, se hace una recopilación de ellas.

Biocombustible, Las algas marinas tienen un alto potencial productivo como fuente para la producción de biocombustibles a causa de su rápida producción de biomasa y a su elevado contenido de aceite. Con algas marinas se puede producir hidrógeno, biogás, etanol, biodiesel, hidrocarburos, entre otros biocombustibles.

Productos cosméticos, las algas tienen propiedades naturales antiinflamatorias, de renovación de tejidos, propiedades hidratantes, anticelulíticas y anti-edad. Ayuda a aumentar la elasticidad, flexibilidad y renueva las células de la piel dañadas. Poseen efectos de hidratación y suavizante tanto para el cabello como para la piel, en el caso de la piel, actúa como humectante y evita que la piel pierda humedad.

Fertilizantes, las algas pueden ser utilizadas para producir bio-fertilizantes porque tienen un alto contenido de minerales y tienen la capacidad de mantener el nitrógeno de la atmósfera, puesto que el nitrógeno es un elemento esencial para el desarrollo de los cultivos. Una forma de utilizar las algas como fertilizantes es cultivándolas con otros cultivos, de tal manera que las algas proporcionaran nitrógeno a los otros cultivos. Además, las algas mantienen y aumentan la fertilidad del suelo. Las algas tienen la capacidad de mejorar las propiedades físico-químicas del suelo ayudando a la retención del carbono y nitrógeno, también mejorando la conductividad eléctrica y el potencial hidrógeno (pH).

Productos farmacéuticos, una amplia variedad de especies de algas y componentes derivados de las algas presentan propiedades medicinales y nutricionales. Con algas marinas se elaboran medicamentos, vitaminas, vacunas, nutracéuticos, entre otros. Cuando estos productos se elaboran con animales o plantas tienen un elevado costo, en cambio cuando se elaboran con algas el costo disminuye.

Fuente de Aditivos alimenticios agar, es un polisacárido obtenido de varias especies pertenecientes a la clasificación de algas rojas, por lo general son las del género *Gelidium* y presenta una extensa lista de aplicaciones.

Fuente de Aditivos alimenticios Alginato, es un polisacárido, también llamado ácidos alginicos, obtenido de varias especies de algas pardas (en especial las del género *Laminaria*, *Ascophyllum* y *Macrocystis*). Se utilizan alginatos como aditivo alimenticio en la fabricación de helados para evitar que se forme hielo (debido a su efecto gelante) y para que tenga una textura suave. También se utiliza como espesantes en la

fabricación de dulces y jarabes por su alta capacidad para hacer una solución viscosa. Fuente de Aditivos alimenticios Carragenano, Son un grupo de polisacáridos solubles en agua obtenido de varias especies pertenecientes a la clasificación de algas rojas. Tiene usos más amplios que el agar. Tiene aplicaciones en emulsionantes y estabilizantes para alimentos. El carragenano se utiliza como aditivo alimenticio en la elaboración de helados, mermelada, chocolate, leche, entre otros. Su utilización se debe a sus características de suspensión y espesante. También se utiliza para la elaboración de fármacos.

Comida saludable, cerca de 500 especies de algas son comidas por los humanos. Todas las algas generalmente se comen con pescado, carne, sopas, ensaladas, etc. Las algas verdes, especialmente las del género *Monostroma* y *Ulva* se comen como ensalada debido a su gran parecido a la lechuga. Las algas marinas son altamente nutritivas para el ser humano debido a su contenido de minerales como el yodo, magnesio, hierro, calcio, potasio y otros, vitaminas como A, C, B1, B2, B6, niacina y otras, y debido a su contenido de proteínas fibras, enzimas y carbohidratos.

Industria de la construcción, en la industria de la construcción, según varios artículos científicos de la India, Nicaragua, España, entre otros, se ha experimentado con de diversos tipos de algas marinas para incrementar la resistencia del concreto y ladrillos, y han obtenido resultados positivos, por ende, se puede considerar que una aplicación de las algas marinas es de ser un aditivo natural empleado para mejorar las características resistentes del concreto endurecido y algunas propiedades en el concreto fresco.

La Tabla 1 muestra la recopilación de información de la composición química de minerales de algunas especies de algas marinas pardas, roja y verde, además también se presenta la tabla 2, en la cual se observan las características de los componentes de algunas de las algas más importantes que poseen pared celular.

Tabla 1. Contenido de minerales de algunas especies de algas marinas (g/100g)

Mineral	Pardas			Roja	Verdes	
	Macrocystis pyrifera	Sargassum sinicola	Ascophyllum nodosum	Rodhymenia palmata	Ulva fasciata	Ulva lactuca
Calcio(Ca)	1.20	3.80	2.10	0.470	0.18	0.840
Fosforo(P)	0.26	2.70	0.10	0.320	0.04	0.140
Sodio(Na)	3.10	3.80	3.50	2.510	-	-
Potasio(K)	5.50	3.30	2.50	7.100	0.14	-
Cloro(Cl)	8.60	6.00	3.70	6.410	-	9.790
Magnesio(Mn)	4.90	12.10	0.70	1.220	0.84	-
Hierro(Fe), ppm	355.0	1.28	575.0	1.0-5.0	3.9	6.600
Cobre(Cu)	-	-	-	-	-	0.060
Plomo(Pb)	-	-	-	-	-	0.0138

Fuente: Castro, 1996

Tabla 2. Características de la composición de algunas de las algas más importantes.

División	Pigmentos	Productos de reserva	Pared celular	Flagelo
Clorophyta (algas verdes)	*Clorofila a *Clorofila b * α -carotenoides * β -carotenoides * γ -carotenoides *otras xantofilas	Almidón *amilosa *amilopectina	En una gran cantidad; *celulosa *hidroxiprolina *glucosidada *xilanos *mananos, o ausencia de pared, en algunos casos calcificada.	Presente
Phaeophyta (algas pardas)	*Clorofila a *Clorofila c *fucoxantina * β -carotenoide *otras xantofilas.	Manitol. Y laminaranos	*Ácido algínico *Celulosa *polisacáridos sulfatados (fucoidanos).	Presente
Rhodophyta (algas rojas)	*Clorofila a (d en algunas Florideophyceae) *R- ficocianina *C-ficocianina *C-aloficocianina *R-ficoeritrina *B-ficoeritrina *A-carotenoides * β -carotenoides *otras xantofilas	Almidón de florideas.	*Celulosa *xilanos *galactanos sulfatados *calcificación *alginatos en Corallinales.	Ausente

Fuente: Rabanal, 2015

En el desarrollo sostenible, los materiales de construcción verde desempeñan un papel fundamental. El Informe Brundtland presentado a la ONU en el año 1987 por la ministra noruega Gro Harlem Brundtland sobre sostenibilidad ambiental impulsó el concepto universal de sostenibilidad ambiental, y con ello la sostenibilidad de estructuras. Debido a que el concreto en la actualidad es el material más utilizado para la construcción, un concreto amigable con medio ambiente determinará la sostenibilidad de las nuevas construcciones. A la actualidad se han llevado a cabo varias investigaciones para crear un concreto sostenible. Estas investigaciones hacen que la innovación tecnológica del concreto sea 'verde', es decir se fabrique con menos emisiones de carbono y menos energía. El concepto para lograr que el concreto se transforme en un material sostenible para la de construcción es el "Triángulo del Principio del Concreto Virtuoso", creado por Susilorini. Este concepto conecta tres aspectos; el desarrollo de la infraestructura, desarrollo sostenible y la disminución de las emisiones de carbono. Cumpliendo con los estos tres principios del "Triángulo del principio del concreto virtuoso", el concreto se transforma en un material de construcción sostenible apto para estar en armonía con la naturaleza.

En la industria de la construcción se viene logrando varios avances tecnológicos, pero están limitadas o no cumplen con los requerimientos para que sea un material de construcción verde. Por ende, en todo el mundo y sobretodo en los países desarrollados necesitamos incluir los conceptos de sostenibilidad para lograr el desarrollo de un material de construcción verde. El concreto verde o sostenible tiene que ser un material que tenga una vida útil mayor que en un concreto tradicional, esto significa un concreto más resistente, más compacto y que tenga buena durabilidad. Hace setenta años se viene produciendo concretos con propiedades resistentes mejoras con un material cementoso polimérico. Polímero obtenido por el proceso de polimerización. Cuando se utiliza polímeros en el concreto o mortero, este es llamado concreto o mortero polimérico. Una manera de añadir polímeros al concreto es añadiéndolo como un material más, este recibirá el nombre de concreto o mortero modificado con polímeros. La nueva pasta tendrá buenas propiedades de adhesión y se pegará más eficientemente a los agregados el tradicional, entonces el uso de polímeros en concreto o mortero es útil para la modernización del concreto o mortero. El material cementoso modificado con polímeros tiene buenas propiedades de unión y adhesión a los agregados, por lo tanto, es útil para la reparación y modernización de

concreto en la construcción moderna. Antiguamente ya se había utilizado polímeros naturales para la construcción. Por ejemplo, en el año 4000 a. C. en Babilonia se utilizó polímero orgánico para el asfalto, en el año 3000 a.C. en Mohenjo-daro y Harappa se hizo mortero bituminoso y también en el año 1300 a.C. en Tigris. Además también se ha encontrado morteros con contenido de pasta de arroz, sangre, albúmina, entre otros, y en el siglo 200 a.C. en la Muralla China se ha encontrado mortero con cal y pasta de arroz. En la era moderna, los avances tecnológicos modificaron el concreto con polímeros de látex de caucho natural, con el paso de los años se innovó a la resina sintética, látex de acetato de polivinilo, látex de caucho de cloropreno (neopreno), éster poliacrílico, policloruro de vinilideno, policloruro de vinilo, entre otros. En las innovaciones tecnológicas del concreto o mortero es común ver concretos o morteros modificados con polímeros naturales como el látex, caucho, pero es raro ver la aplicación de polímeros de carbohidratos. A pesar de ello existen investigación con el uso de algas marinas como polímero natural para el mortero y concreto.

Una investigación realizada utilizó las especies *Eucheuma Cottonii* y *Gracilaria Sp.* Debido a su contenido de agar y carragenanos. *Eucheuma Cottonii* contiene polisacáridos, en especial el carragenano kappa. Este polisacárido como ya se mencionó anteriormente tiene propiedades como emulsionante, suspensor, y estabilizador. La *Gracilaria Sp.* contiene polisacáridos, en especial el agaropectina y agarosa que tiene la propiedad de formar geles. Las algas utilizadas tienen propiedades reológicas (relacionadas con la viscosidad) como espesante y gel que tuvieron la función de resina epoxi. De acuerdo con la ventaja de las algas marinas, el mortero modificado con polímero natural realiza un excelente mecanismo de unión, resistencia y durabilidad como el factor clave para lograr la sostenibilidad.

Una investigación realizada por Amaran y Ravi (2016) presenta la imagen SEM (microscopio electrónico de barrido) que se muestra en la figura 4a del concreto de referencia, se observa la formación dispersa de calcita junto con el agregado. Mientras que, en la imagen SEM de la figura 4b del concreto modificado con un polímero natural de carbohidratos (cactus), en cual se visualiza la formación de calcita bien desarrollada, que demostró la mejor resistencia a la compresión del mortero modificado con polímero natural. Hernandez et al (2016) menciona que el extracto de algas marinas y el mucilago de cactus hacen posible un mejor curado mejorando la hidratación del cemento.

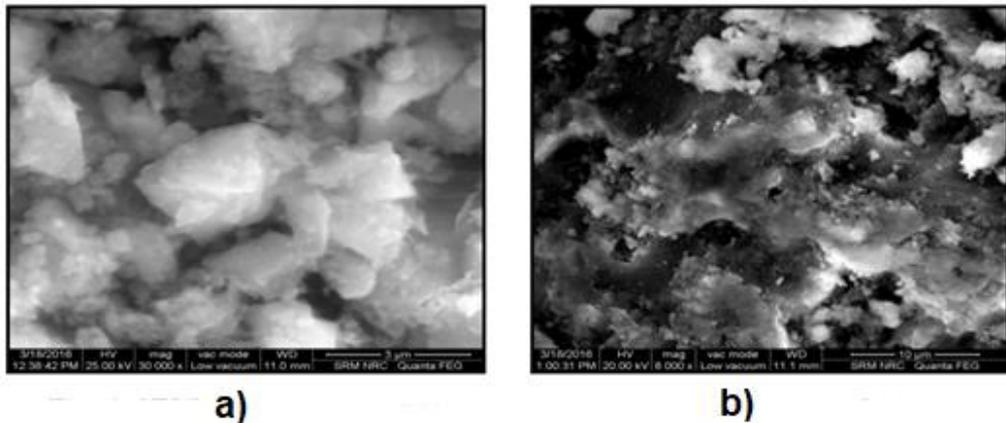


Figura 4. a) SEM concreto de referencia y b) SEM concreto modificado

Fuente: Amaran y Ravi, 2016

Propiedades mecánicas del concreto

Mediante el proceso de hidratación del cemento, la mezcla de concreto pasará de un estado fluido a plástico, y finalmente pasara a estados sólido, es decir será un concreto endurecido. En este estado, el concreto podrá comportarse como un elemento estructural y podrá resistir las cargas externas. Las propiedades principales del concreto endurecido lo conforman varias resistencias, estabilidad dimensional, relación completa tensión-deformación, diversos módulos y la relación de Poisson y durabilidad. Las propiedades mecánicas del concreto son características resistentes del concreto endurecido y dependen tanto de la relación de las cantidades como de las características físicas de los materiales con las que se fabrica el concreto. Las propiedades mecánicas del concreto son la resistencia a la compresión, tracción uniaxial, flexión, torsión, el creep, módulo de elasticidad, etc. (E. Rivva, 2013)

La resistencia se define como la capacidad de un material para resistir el esfuerzo generado por una fuerza externa sin fallar. Para el concreto, la falla se identifica con frecuencia con la aparición de grietas. (Zongjing Li, 2011)

Resistencia a la compresión, el ensayo de compresión es la prueba más ordinaria realizada en concreto endurecido, en parte porque es una prueba fácil de realizar y en parte porque la mayoría de las propiedades características deseables del concreto están relacionadas cualitativamente con su resistencia a la compresión (Zongjing Li, 2011).

El ensayo de compresión se lleva a cabo en muestras de forma cúbica o cilíndrica. El prisma también se usa a veces, pero no es común en nuestro país. A veces, la característica de compresión del concreto se determina mediante las partes de una viga probada en flexión.

Normas de referencia, Norma Técnica Peruana NTP 339.034 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en probetas” y Norma ASTM C39 “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”. Estas normas son parecidas ya que la NTP 339.034 está basada en la ASTM C39.

Equipos, la máquina, ver figura 5, debe tener la capacidad suficiente para llevar a la falla la muestra, debe estar calibrada como máximo cada 18 meses, debe tener una exactitud de 1%. La máquina para ensayos consta de 2 bloques de acero circular, uno a cada extremo de las caras de la muestra cilíndrica. Es preferible que los bloques de acero tengan una dureza Rockwell mínima de 55 HRC.



Figura 5. Esquema típico de una máquina para compresión

Fuente: Shetty, 2000

Procedimiento, los especímenes de prueba deben mantenerse curándose hasta el día del ensayo. El curado será por cualquier método. Para todos los ensayos a realizarse a una determinada edad se deben cumplir con tolerancias permisibles según la tabla 3.

Tabla 3. Tiempo de tolerancia admisible según la edad

Edad de prueba	Tolerancia
24 horas	±5 horas o 2.1%
3 días	2 horas o 2.8%
7 días	6 horas o 3.6%
28 días	20 horas o 3.0%
90 días	2 días o 2.2%

Fuente: ASTM C39

Preparación de la muestra para la prueba de compresión, hay dos tipos de muestras que pueden usarse para pruebas de compresión: la muestra de cubo y la muestra de cilindro. El método del espécimen cúbico se usa en Europa y China, mientras que el método del espécimen cilíndrico se usa en América del Norte.

Espécimen de cubo (BS 1881, Parte 108: 1993), el tamaño estándar del espécimen de cubo es 15×15×15cm. Debe prepararse vertiendo concreto en un molde cúbico en tres capas iguales, y cada capa debe ser chuzada 35 veces con una barra de acero con un extremo hemisférica. El cubo de tamaño estándar es pesado y algunas veces se usa un cubo más pequeño de tamaño de 10x10x10cm. Para preparar un cubo de 10cm, se fabricará vertiendo concreto en 3 capas similares, y cada capa debe ser golpeada 25 veces por una barra de acero. Para un espécimen, la relación altura-ancho es 1.

Espécimen de cilindro (ASTM C470-81), el tamaño estándar del cilindro para las pruebas de compresión es de 15×30cm. Se fabricará vertiendo concreto en 3 capas iguales, y cada capa debe ser chuzada 25 veces por una barra de metal con punta hemisférica. Después de desmoldar durante 16 a 24 h después de la fundición, la muestra debe curarse. El espécimen del cilindro tiene una relación longitud/diámetro de 2. Además, la superficie superior del cilindro nunca es lisa; Por lo tanto, es necesario moler o tapar para nivelar y alisar la superficie de compresión antes de una prueba.

Mecanismo de falla, con un material como el concreto, que contiene espacios vacíos de varios tamaños, y micro cuerpos entre la matriz y los agregados gruesos, los modos de falla bajo carga son complejos y variados. Sin embargo, una breve revisión de los modos de falla será útil para comprender y controlar los agentes que intervienen en la

resistencia del concreto en compresión, el modo de falla es menos frágil porque se necesita mucha más energía para formar y extender las grietas en la matriz. En general, se acepta que en una prueba de compresión uniaxial en concreto de resistencia media o baja, no se inician grietas en la matriz por debajo de aproximadamente el 40–50% de la tensión de falla. Sin embargo, en esta etapa, ya existe un sistema estable de grietas, llamadas grietas de cizallamiento, en los alrededores del agregado grueso. Con el aumento del nivel de esfuerzo, las grietas se inician de manera aleatoria. La figura 6 muestra los tipos de mecanismos de fallas en especímenes cilíndricos.

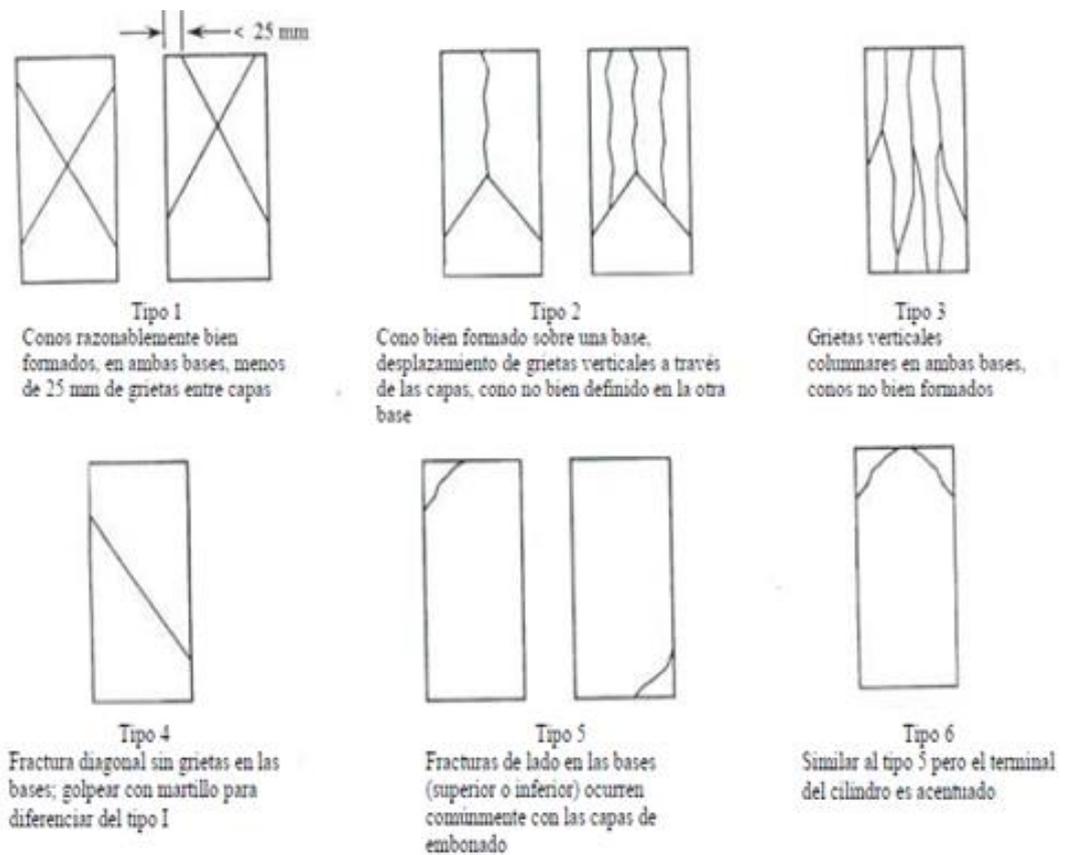


Figura 6. Tipos de fallas en especímenes cilíndricos sometidas a compresión

Fuente: ASTM C39

Factores que afectan la resistencia a la compresión medida, de manera general, cuanto menor sea la velocidad de carga, menor será la resistencia a la compresión medida. Esto puede atribuirse al hecho de que la deformación generada por la carga necesita tiempo para desarrollarse. Por lo tanto, para que los resultados de compresión sean comparables, se debe seguir una tasa de carga estándar. Para una muestra de cilindro

la tasa de carga estándar debe ser de 0.15 a 0.34 MPa/seg y para las muestras cúbicas la tasa de carga debe ser de 0.2 a 0.4 MPa/seg. Otro factor que afecta es el tamaño, la probabilidad de tener grandes deficiencias, como vacíos y grietas, aumenta con el tamaño. Por lo tanto, las muestras de menor tamaño darán mayores resistencias aparentes. Si para el ensayo de compresión se usan especímenes de tamaño no estándar, es decir, un cubo de 10cm o un cilindro de 10×20cm, los resultados del ensayo de las muestras de tamaño pequeño deben modificarse. En general, se debe usar un factor de 0.9 para modificar el resultado de especímenes de tamaño pequeño.

Resistencia a la tracción indirecta, el concreto, como sabemos, es relativamente fuerte en compresión y débil en tensión. En los miembros de hormigón armado, se pone poca dependencia de la resistencia a la tracción del concreto, ya que se proporcionan barras de refuerzo de acero para resistir todas las fuerzas de tracción. Sin embargo, es probable que se desarrollen tensiones de tracción en el concreto debido a la contracción por secado, la oxidación del refuerzo de acero, los gradientes de temperatura y muchas otras razones. Por lo tanto, el conocimiento de la resistencia a la tracción del hormigón es importante (Shetty, 2000)

Normas de referencia, Norma Técnica Peruana NTP 339.084 “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica” y la Norma ASTM C496 “Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens”. Estas normas son parecidas ya que la NTP 339.084 está basada en la ASTM C496.

Equipos, la máquina debe tener la capacidad necesaria para llevar a la falla la muestra. La Barra de rodamiento complementaria se utiliza cuando la longitud de la muestra a ensayar es menor que la base de la máquina de ensayos se debe usar una barra de rodamiento. La barra de rodamiento tendrá un ancho mínimo de 5 cm y un grosor mínimo como la distancia del borde del bloque superior hasta el extremo del cilindro. La figura 7 muestra una barra de rodamiento. Tiras de rodamientos son 2 tiras de triplay o de madera contrachapada con grosor de 0.32 cm, con un ancho de 2.5 cm y de una longitud mínima de la longitud de la probeta a ensayar. Las tiras de rodamiento deben ubicarse entre las barras de rodamiento y la probeta a ensayar.

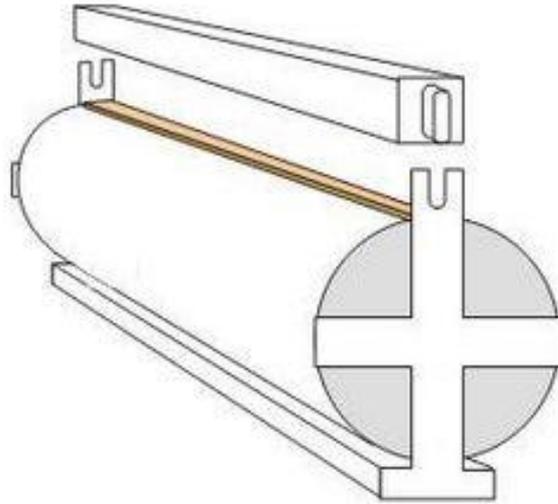


Figura 7. Barras de rodamiento y tiras de triplay con la muestra.

Fuente: Zongjin Li, 2011

Procedimiento, se genera un plano axial que pase por los centros de las dos caras, es decir se marcan dos líneas paralelas y opuestas en la cara lateral de la muestra cilíndrica. Se mide el diámetro del espécimen cilíndrico con una proximidad de 1mm en los dos extremos y una en el centro, luego se promedia las tres medidas. Finalmente se toma la medida longitudinal de la muestra cilíndrica con proximidad de 1mm, las dos líneas que contienen el plano axial marcado anteriormente. Se coloca una tira de rodamiento centrada de acuerdo al bloque inferior y luego colocar la probeta teniendo en cuenta que la línea marcada se encuentre centrada a lo largo de la tira de rodamiento puesta y luego colocar la tira de rodamiento superior centrada de acuerdo a la línea marca en la probeta. Finalmente se procede a colocar la barra de rodamiento y se ensaya el espécimen.

Preparación de la muestra para prueba de tracción indirecta, la muestra estándar empleada para el ensayo de tracción indirecta es un cilindro de 15×30cm según la norma BS 1881 y ASTM C496-71. Debe prepararse vertiendo en concreto en tres capas iguales y además cada una de las capas debe ser chuseada 35 veces con una barra de acero de punta hemisférica. El requisito de curado es el mismo para el espécimen de compresión. La prueba de tracción indirecta se lleva a cabo aplicando cargas de compresión a lo largo del espécimen cilíndrico.

Mecanismo de falla, la prueba de tensión uniaxial es más difícil de realizar por tres razones. Primero, es difícil centrar el eje de carga con el centroide mecánico. En segundo lugar, es difícil controlar el proceso de carga debido a la naturaleza casi frágil del hormigón bajo tensión. En tercer lugar, el proceso de tensión es más sensible a un cambio repentino en la sección transversal, y los dispositivos de sujeción de muestras introducen tensión secundaria que no puede ser ignorada.

Relación entre el esfuerzo de compresión y esfuerzo de tensión, la característica de compresión está relacionada con todos los esfuerzos mecánicos de concreto. La compresión del concreto está relacionada directamente proporcionalmente a la tracción. Empíricamente la resistencia a la tracción del concreto es igual a la raíz cuadrada del $f'c$. Diversos trabajos de investigación determinaron que la relación de resistencia a la tracción / compresión uniaxial es de 10 a 11% para concretos de resistencia baja, de 8 a 9% para resistencia media y de 5 a 7% para concretos de resistencia alta. De acuerdo a otros ensayos de laboratorio y comparaciones se obtuvo que esta relación varía de 10 a 15%.

Determinación de la resistencia a la tracción indirecta, ante una carga lineal P , la tensión a lo largo del diámetro central se distribuirá como se aprecia en la Figura 8. Se visualiza que la distribución de la tensión a lo largo de la parte central del diámetro está bajo una tensión de tracción uniforme, mientras que en el borde hay una tensión de compresión, que se obtiene de la elasticidad.

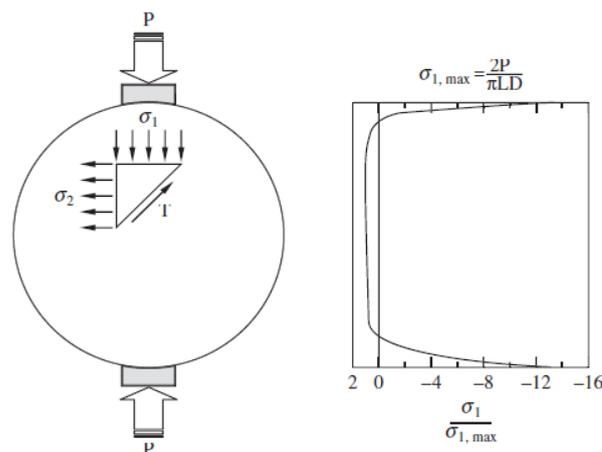


Figura 8. esquema de la concentración de esfuerzos

Fuente: Zongjin Li, 2011

La expresión de la tensión es:

$$\sigma_{ten} = f_r = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde: P : Carga
 L : Longitud del espécimen cilíndrico
 D : Diámetro del espécimen cilíndrico

Resistencia a la flexión, también es conocida como módulo de rotura (M_r). La medición directa de la resistencia a la tracción del hormigón es difícil. No se han diseñado muestras ni aparatos de prueba que aseguren una distribución uniforme del "tirón" aplicado al concreto. Si bien se han realizado varias investigaciones que involucran la medición directa de la resistencia a la tracción, se encuentra que las pruebas de vigas son confiables para medir la propiedad de resistencia a la flexión del concreto (Zongjing Li, 2011).

Normas de referencia, Norma Técnica Peruana NTP 339.078 "Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo" y la Norma ASTM C78 "Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)". Estas normas son parecidas ya que la NTP 339.078 está basada en la ASTM C78. Estas normas mencionadas aplican dos cargas de tipo puntual en los extremos del tercio central viga, se le considera de 4 puntos por la suma de las dos reacciones en los apoyos y las dos cargas puntuales aplicadas. Para la presente investigación se realiza este ensayo. También existe la norma ASTM C293, la cual aplica una carga de tipo puntual ubicada sobre el centro de una viga simplemente apoyada.

Equipos, la máquina para realizar esta prueba debe tener la capacidad necesaria para llevar a la falla la muestra.

Muestras y procedimiento, el tamaño estándar de la muestra de la viga para las pruebas de flexión es de 15×15cm de sección transversal y 45cm de longitud. Debe prepararse vertiendo la mezcla en 3 capas iguales, y cada capa será chuzada 25 veces con una

barra de metal con punta hemisférica. Después de desmoldar durante 16 a 24 horas después de la fundición, la muestra debe curarse. El espécimen de la viga tiene una relación longitud/alto o ancho de 3.

Determinación de la resistencia a la flexión, la disposición para la prueba del módulo de rotura se presenta en la Figura 9, en la cual se pueden visualizar las cargas y los apoyos con sus medidas respectivas

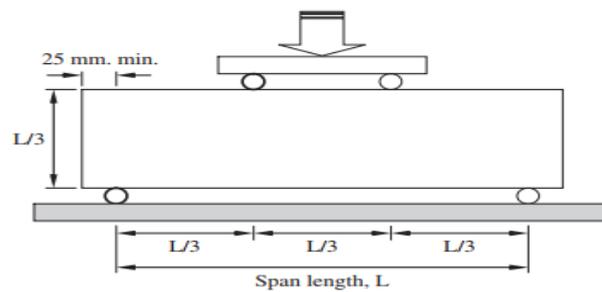


Figura 9. Configuración para la prueba de resistencia a la flexión del concreto

Fuente: Zongjin Li, 2011

De acuerdo con la mecánica de los materiales, sabemos que, bajo la flexión de cuatro puntos, la porción media de 1/3 de la viga está bajo flexión pura. El momento máximo puede calcularse mediante:

$$M_{max} = \frac{P}{2} * \frac{L}{3} = \frac{PL}{6}$$

Si la viga se agrieta o se rompe dentro del tercio medio de la viga, la teoría de la viga bajo flexión pura se puede aplicar directamente debido a que el momento máximo se genera en la zona central.

$$M_r = \frac{M_{max} * y_{max}}{I} = \frac{\frac{P * L}{6} * \frac{d}{2}}{\frac{b * d^3}{12}} = \frac{PL}{b * d^2}$$

Dónde: Mr : Modulo de rotura del concreto
P : Carga de aplicación en los tercios de la viga
L : Luz libre, distancia entre los puntos de apoyo

- d : Altura
- b : Ancho

Materiales para hacer concreto, el concreto es uno de los materiales de construcción más versátiles y ampliamente producidos en el mundo. Su producción anual mundial excede los 12 mil millones de toneladas métricas, es decir, se produjeron más de dos toneladas métricas de concreto cada año por cada persona en la tierra en 2007. La población, el nivel de vida y el desarrollo económico en constante aumento conducen a una demanda creciente de infraestructura. desarrollo y por lo tanto materiales concretos. Como material compuesto, el concreto está compuesto de diferentes agregados graduados o rellenos incrustados en una matriz endurecida de material cementoso. Las propiedades de los principales componentes de las mezclas de concreto, como agregados, materiales cementosos, aditivos y agua, deben entenderse primero para conocer mejor las propiedades y el rendimiento del concreto.

Agregados, los agregados constituyen un esqueleto de hormigón. Aproximadamente tres cuartos del volumen de concreto convencional está ocupado por agregado. Es inevitable que un componente que ocupe un porcentaje tan grande de la masa contribuya con propiedades importantes tanto al producto fresco como al endurecido. El agregado generalmente se ve como una dispersión inerte en la pasta de cemento. Sin embargo, estrictamente hablando, el agregado no es realmente inerte porque las propiedades físicas, térmicas y, a veces, químicas pueden influir en el rendimiento del hormigón (Neville y Brooks, 1990).

En el estado fresco cuando el concreto está recién mezclado, los agregados se suspenden en la pasta de burbujas de cemento-agua-aire. El comportamiento del concreto fresco, como la fluidez, la cohesión y el comportamiento reológico, está influenciado en gran medida por la cantidad, el tipo, la textura de la superficie y la gradación del tamaño del agregado. La selección del agregado tiene que cumplir con el requisito del uso final, es decir, qué tipo de estructura se construirá. El agregado en el concreto endurecido, aunque hay poca reacción química entre el agregado y la pasta de cemento, el agregado aporta muchas cualidades al concreto endurecido. Además de reducir el costo, el agregado en el concreto puede reducir la contracción y la fluencia

de la pasta de cemento. Además, los agregados tienen una gran influencia en la rigidez, peso unitario, resistencia, propiedades térmicas, adherencia y resistencia al desgaste del concreto.

Los agregados se pueden dividir en varias categorías de acuerdo con diferentes criterios, como el tamaño, la fuente y la unidad de peso. A continuación, se describe la clasificación de acuerdo al tamaño.

Agregado grueso, son los agregados retenidos predominantemente en un tamiz No. 4 (4.75 mm) se clasifican como agregado grueso. Generalmente, el tamaño del agregado grueso varía de 5 a 150 mm. Para el hormigón normal utilizado para elementos estructurales como vigas y columnas, el tamaño máximo del agregado grueso es de aproximadamente 25 mm. Para concretos en masa utilizado para presas o cimientos profundos, el tamaño máximo puede ser tan grande como 150 mm.

Agregado finos, son los agregados que pasan a través de un tamiz No. 4 (4.75 mm) y se retienen predominantemente en un tamiz No. 200 (75 μ m) se clasifican como agregado fino. La arena de río es el agregado fino más utilizado. Además, los finos de roca triturada se pueden usar como agregado fino. Sin embargo, el acabado del concreto con finos de roca triturada no es tan bueno como el de la arena de río.

Aglutinantes cementosos, según la composición, el aglutinante se puede clasificar en orgánico e inorgánico. Un aglutinante orgánico puede quemarse fácilmente y, por lo tanto, no puede resistir el fuego. El polímero y el asfalto son dos aglutinantes orgánicos de uso común. Los polímeros consisten en cadenas aleatorias de hidrocarburos y se pueden clasificar en termoplásticos, termoestables y elastómeros (o gomas). Los átomos de carbono forman el esqueleto de la cadena polimérica. A lo largo de cada cadena, típicamente hay de 1000 a 100,000 átomos de carbono, unidos por enlaces covalentes. La cadena de polímero es, por lo tanto, muy rígida y fuerte. Sin embargo, las propiedades generales de un polímero están gobernadas por la interacción de cadenas de polímeros individuales entre sí. Los aglutinantes inorgánicos generalmente están hechos de diferentes minerales naturales. El aglutinante inorgánico puede clasificarse adicionalmente en cemento no hidráulico y cemento hidráulico. Sin embargo, no hidráulico aquí no significa que no necesita agua. De hecho, todos los ligantes inorgánicos necesitan agua para mezclarse y reaccionar para formar enlaces. El cemento no hidráulico también necesita agua para mezclar. No hidráulico significa

solo que dicho cemento no puede endurecerse y, por lo tanto, ganar resistencia en el agua. Ejemplos típicos de cemento no hidráulico son yeso y cal. Se han usado desde 6000 AC. El yeso es un mineral blando compuesto de sulfato de calcio dihidratado, llamado yeso de dos aguas. Bajo una temperatura de 130 ° C, el yeso de dos aguas puede cambiar a yeso de medio agua y liberar algo de agua. La cal vuelve a la piedra caliza y forma enlaces. A diferencia del cemento no hidráulico, el cemento hidráulico puede endurecerse y ganar resistencia en el agua. La principal diferencia en la composición entre dos tipos de cementos inorgánicos es que el cemento hidráulico contiene algunas cantidades de impurezas arcillosas (composición de silicato). Los ejemplos de cemento hidráulico incluyen cal hidráulica, cemento puzolánico y cemento Portland. La cal hidráulica está compuesta de impurezas de cal y arcillosas. El cemento puzolánico contiene polvo de cal y roca volcánica. El nombre puzolano se originó de los romanos, que usaban toba volcánica del pueblo de Pozzuoli, cerca del monte. El hormigón de cemento Portland (PC) es el material de construcción más popular y ampliamente utilizado, debido a la disponibilidad de las materias primas básicas en todo el mundo y su facilidad de uso para preparar y fabricar todo tipo de formas. Las aplicaciones del concreto en los ámbitos de la infraestructura, la vivienda y el transporte han promovido en gran medida el desarrollo de la civilización, el progreso económico, la estabilidad y la calidad de vida. Hoy en día, con la presencia de concreto de alto rendimiento (HPC), la durabilidad y resistencia del concreto han mejorado enormemente. Sin embargo, debido a la restricción del proceso de fabricación y las materias primas, algunas desventajas inherentes del cemento Portland aún son difíciles de superar. Hay dos inconvenientes importantes con respecto a la sostenibilidad: (1) Se necesitan aproximadamente 1.5 toneladas de materias primas en la producción de cada tonelada de PC, mientras que, al mismo tiempo, se libera aproximadamente 1 tonelada de dióxido de carbono (CO₂) al ambiente durante la producción. La producción mundial de cemento aumentó de 1.400 millones de toneladas en 1995 a casi 3.000 millones en el año 2009. Por lo tanto, la producción de PC es un proceso extremadamente intensivo en recursos y energía. (2) El concreto hecho de PC se deteriora cuando se expone a ambientes hostiles, en condiciones normales o severas. Las grietas y la corrosión tienen una influencia significativa en el comportamiento del servicio, la vida útil del diseño y la seguridad.

Polímeros en el concreto, la investigación continúa realizada por tecnólogos del concreto para comprender, mejorar y desarrollar las propiedades del concreto ha dado como resultado un nuevo tipo de concreto conocido como "Concreto Polimérico".

Se hace referencia una y otra vez en diversa bibliografía que el concreto es poroso. La porosidad se debe a huecos de aire, huecos de agua o debido a la porosidad inherente de la estructura del gel en sí. Debido a la porosidad, la resistencia del hormigón se reduce naturalmente. Muchos investigadores creen que la reducción de la porosidad aumenta la resistencia del hormigón. Por lo tanto, se han practicado procesos como vibración, aplicación de presión, hilatura, etc., principalmente para reducir la porosidad. Se ha encontrado que todos estos métodos son útiles en gran medida, pero ninguno de estos métodos realmente podría ayudar a reducir los vacíos de agua y la porosidad inherente del gel, que se estima en alrededor del 28%. La impregnación del monómero y la posterior polimerización es la última técnica adoptada para reducir la porosidad inherente del hormigón, para mejorar la resistencia y otras propiedades del hormigón. El trabajo pionero para el desarrollo del concreto polimérico fue asumido por la Oficina de Recuperación de los Estados Unidos (USBR). Los trabajos exploratorios iniciales llevados a cabo en el Brookhaven National Laboratory (BNL) en cooperación con USBR y US en la Comisión de Energía Atómica (AEC) revelaron una gran mejora en la resistencia a la compresión, al impacto y a la abrasión, además disminuyó la permeabilidad. El desarrollo del material compuesto de concreto y polímero está dirigido a la producción de un nuevo material combinando la tecnología antigua del concreto de cemento con la tecnología moderna de la química de polímeros. Actualmente se están desarrollando cuatro tipos de materiales de concretos con polímero, los cuales son; concreto impregnado de polímero (PIC), concreto de cemento polimérico (PCC), concreto polimérico (PC) y concreto polimérico parcialmente impregnado y recubierto en la superficie.

Concreto impregnado de polímero (PIC), es uno de los compuestos poliméricos ampliamente utilizados. No es más que un concreto convencional prefabricado, curado y secado en horno, o por calentamiento dieléctrico del cual el aire en la celda abierta se elimina por vacío. Luego, un monómero de baja viscosidad se difunde a través de la celda abierta y se polimeriza usando radiación, aplicación de calor o por iniciación química. Principalmente se utilizan los siguientes tipos de monómero; metilmetacrilato

(MMA), estireno, acrilonitrilo, t-butil estireno y otros monómeros termoplásticos. La cantidad de monómero que se puede cargar en una muestra de concreto está limitada por la cantidad de agua y aire que ha ocupado el espacio vacío total. Es necesario conocer la concentración de vacío de agua y aire en el sistema para determinar la tasa de penetración de monómero. Sin embargo, el principal esfuerzo de investigación ha sido la obtención de una carga máxima de monómero en el concreto mediante la eliminación de agua y aire del hormigón por vacío o secado térmico, siendo este último más factible para la eliminación de agua debido a su rapidez. Otro parámetro a considerar es la evacuación de la muestra antes de sumergirla en monómero. Esto elimina el atrapamiento de aire hacia el centro de la muestra durante el remojo, lo que de otro modo podría evitar la carga total o máxima de monómero. La aplicación de presión es otra técnica para reducir el tiempo de carga del monómero.

Concreto de cemento polimérico (PCC) o concreto modificado con polímero, se fabrica mezclando cemento, agregados, agua y monómero. Dicha mezcla de plástico se moldea en moldes, se cura, se seca y se polimeriza. Los monómeros que se utilizan en PCC son; poliéster-estireno, epoxi-estireno, furanos, cloruro de vinilideno, etc. Sin embargo, los resultados obtenidos por la producción de PCC de esta manera han sido decepcionantes y han mostrado una mejora relativamente modesta de resistencia y durabilidad. En muchos casos, se obtienen materiales más pobres que el concreto ordinario. Este comportamiento se explica por el hecho de que los materiales orgánicos (monómeros) son incompatibles con los sistemas acuosos y algunas veces interfieren con el proceso de hidratación del cemento alcalino. Recientemente, los autores rusos han informado de la producción de un concreto de cemento polimérico superior mediante la incorporación de alcohol furfurílico y clorhidrato de anilina en la mezcla húmeda. Se afirma que este material es especialmente denso, no se contrae y además presenta una alta resistencia a la corrosión, baja permeabilidad, alta resistencia a las vibraciones y la extensión axial. La Universidad Estatal de Washington, en cooperación con la Oficina de Recuperación, probó la incorporación de varios monómeros en concreto húmedo para preparar PCC para la fabricación de unidades de destilación para plantas de desalinización de agua. Sin embargo, se informa que solo la resina epoxi produjo un concreto que mostró algunas características superiores sobre el concreto ordinario.

Concreto Polimérico (PC), el concreto polimérico es un agregado unido con un aglutinante polimérico en lugar de cemento Portland como en el concreto convencional. La técnica principal en la producción de PC es minimizar el volumen vacío en la masa del agregado para reducir la cantidad de polímero necesaria para unir los agregados. Esto se logra al clasificar y mezclar adecuadamente los agregados para lograr la densidad máxima y el volumen vacío mínimo. Los agregados graduados se pre-ensasan y vibran en un molde. El monómero se difunde luego a través de los agregados y la polimerización se inicia por radiación o por medios químicos. Se agrega un agente de acoplamiento de silano al monómero para mejorar la fuerza de unión entre el polímero y el agregado. En caso de que se utilicen resinas de poliéster, no se requiere polimerización. Una razón importante para el desarrollo de este material es la ventaja que ofrece sobre el concreto convencional donde el cemento Portland alcalino en el curado forma huecos internos. El agua puede quedar atrapada en estos huecos que, al congelarse, pueden agrietar fácilmente el hormigón. Además, el cemento Portland alcalino es fácilmente atacado por materiales químicamente agresivos que resultan en un rápido deterioro, mientras que los polímeros pueden compactarse con mínimos vacíos y son hidrófobos y resistentes al ataque químico. La resistencia obtenida con PC puede ser tan alta como 1400kg/cm^2 con un corto período de curado. Sin embargo, tales hormigones poliméricos tienden a ser frágiles y se informa que la dispersión del refuerzo de fibra mejoraría la tenacidad y la resistencia a la tracción del material. El uso de hormigón de poliéster fibroso (FPC) en la región de compresión de vigas de hormigón armado proporciona un hormigón dúctil de alta resistencia a un costo razonable. Además, los hormigones de poliéster son de naturaleza visco-elástica y fallarán bajo una carga de compresión sostenida a niveles de tensión superiores al 50 por ciento de la resistencia máxima. Por lo tanto, el concreto de poliéster debe considerarse para estructuras con una alta relación de carga viva a carga muerta y para estructuras compuestas en las que el concreto polímero puede relajarse durante la carga a largo plazo. Los experimentos realizados en vigas compuestas de FPC han indicado que tienen un rendimiento efectivo en comparación con la viga de hormigón armado de igual porcentaje de refuerzo de acero. Dichas vigas utilizan acero en la región de alta tensión de tensión, concreto de poliéster fibroso (FPC) con su comportamiento compresivo favorable, en las regiones de alta tensión de compresión y concreto de cemento Portland en las regiones de relativamente baja tensión de flexión.

Formulación del Problema

Ante la necesidad de fabricar un concreto más resistente con aditivos naturales que sean sostenibles para el medio ambiente y de bajo costo se plantean el siguiente problema general.

Problema general

- ¿Cómo influye el polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$?

Problemas específicos

- ¿Cómo influye el polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$?
- ¿Cómo influye el polvo de algas marinas en la resistencia a la tracción indirecta del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$?
- ¿Cómo influye el polvo de algas marinas en la resistencia a la flexión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$?

Justificación del estudio

En el ámbito social el uso de las algas marinas aumenta la capacidad de resistencia del concreto por lo tanto se estaría construyendo viviendas más seguras que ante posibles amenazas sísmicas se pueda tener la seguridad que la estructura es más resistente que una vivienda hecha con concreto convencional.

En el ámbito económica el uso de algas marinas por ser un aditivo natural y que prácticamente se obtiene gratis de las orillas del mar beneficiario a muchas familias económicamente tanto por el bajo costo en comparación al aditivo comercial como por la durabilidad de las viviendas en el tiempo.

En el ámbito técnico el uso de las algas marinas como aditivo natural para el concreto pretende ser una técnica innovadora para la fabricación de un concreto más resistente y además deja abiertas las puertas para futuras investigaciones que puedan mostrar

otras técnicas y enfoques del uso de algas marinas en la industria de la construcción.

Hipótesis

Hipótesis general

- El polvo de algas marinas influye significativamente sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

Hipótesis específicas

- El polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ significativamente.
- El polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la tracción indirecta del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ significativamente.
- El polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ significativamente.

Objetivo

Objetivo general

- Determinar la influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto endurecido $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

Objetivos específicos

- Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.
- Determinar la influencia del uso del polvo de algas marinas en la resistencia a la tracción indirecta del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

- Determinar la influencia del uso del polvo de algas marinas en la resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

II MÉTODO

2.1 Tipo y diseño de investigación

Hernández, Fernández y Baptista (2014) señala que una definición particular del termino experimento más acorde al contexto científico, hace referencia a aquella investigación en la que se manipula la(s) variables independientes intencionalmente para inspeccionar que efectos causa en la variable dependiente.

Por lo mencionado anteriormente, la presente investigación tiene un diseño de investigación experimental porque es un proceso en el cual manipularemos los porcentajes de adición de polvo de algas a una mezcla para posteriormente ver los efectos que causa en la variable dependiente. Además, se tendrá el diseño de la mezcla de control que viene a ser el concreto convencional sin modificar sus componentes.

Tipo de investigación

Las investigaciones de tipo aplicada buscan conocer una realidad problemática y modificarla. Está más interesada en dar una solución a una problemática antes que generar conocimientos de carácter mundial. En general las investigaciones en el area de la ingeniería civil son de este tipo siempre que solucionen una realidad problemática. (Borja, 2012)

Según lo mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación pretende solucionar una realidad problemática por lo tanto la investigación es de tipo aplicada

La investigación cuantitativa es un diseño confiable que confía en mediciones numéricas para probar la hipótesis planteada. La Investigación cuantitativa implica el uso de cómputo, estadísticos, matemáticos y herramientas para obtener resultados. (Borja, 2012).

Por lo tanto, la presente investigación es de tipo cuantitativo porque mide las variables numéricamente.

2.1.1 Nivel de investigación

Las investigaciones correlacionales investigan una o más características de un grupo para descubrir hasta qué punto las características varían juntas. Los estudios de este nivel estudian las variables en un contexto natural y no incluyen los procesos impuestos por los investigadores. Los estudios correlacionales muestran las relaciones entre las variables mediante técnicas como la tabulación cruzada y las correlaciones. (Borja, 2012).

La investigación es de nivel correlacional porque relaciona las variables según los datos obtenidos.

2.2 Operacionalización de variables

Variables

Variable independiente: Polvo de algas marinas

Definición conceptual

POLVO: Conjunto de partículas diminutas que resultan de moler una sustancia o de extraer toda el agua que contiene (Oxford Living Dictionaries, 2019).

ALGAS MARINAS: Planta que pertenece al grupo de las algas y habitan en el océano. Un alga marina puede pertenecer a uno de los varios grupos de algas multicelulares: las algas rojas, las verdes y las marrones. Como estos tres grupos no tienen un ancestro multicelular común, las algas se encuentran en un grupo polifilético. Las algas tienen muchos usos; como comestible, como ingrediente en pasta de dientes, cosméticos y pinturas, etc. las algas marinas proporcionan una fuente rica y diversa de materia prima para la fabricación de gomas de algas, un grupo de compuestos naturales caracterizados por sus propiedades espesantes y gelificantes. (Kulkarni y Muthadhi, 2017)

Definición operacional

El polvo de algas marinas son partículas pequeñas de una planta que habita en el mar, el polvo de algas marinas se dosifica y se adiciona al concreto en porcentajes de 0.1%, 0.5% y 1% usando fichas de observación.

Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto

Definición conceptual

Las propiedades mecánicas del concreto son características resistentes del concreto endurecido y dependen tanto de la relación de las cantidades como de las características físicas de los materiales con las que se fabrica el concreto. Las propiedades mecánicas del concreto son la resistencia a la compresión, tracción uniaxial, flexión, torsión, el creep, módulo de elasticidad, etc. (E. Rivva, 2013)

Definición operacional

Las propiedades mecánicas del concreto son características de resistencia del concreto en estado endurecido que tiene principalmente las siguientes componentes; resistencia a la compresión, tracción y flexión, para su medición se realizan los ensayos de laboratorio.

Operacionalización de variables

Tabla 4. *Tabla de operacionalización de variables*

Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en Cañete, 2019						
	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE	Polvo de algas marinas	POLVO: Conjunto de partículas diminutas que resultan de moler una sustancia o de extraer toda el agua que contiene (Oxford Living Dictionaries, 2019).	El polvo de algas marinas son partículas pequeñas de una planta que habita en el mar, el polvo de algas marinas se dosifica y se adiciona al concreto en porcentajes de 0.1%, 0.5% y 1%, para ello se usara fichas de observación.	Dosificaciones	Adicción de 0.1% de polvo de algas marinas	Ficha de observación
		ALGAS MARINAS: Planta que pertenece al grupo de las algas y habitan en el océano. Un alga marina puede pertenecer a uno de los varios grupos de algas multicelulares: las algas rojas, las verdes y las marrones. Como estos tres grupos no tienen un ancestro multicelular común, las algas se encuentran en un grupo polifilético. (Kulkarni y Muthadhi,2017)			Adicción de 0.5% de polvo de algas marinas	Ficha de observación
		Adicción de 1% de polvo de algas marinas			Ficha de observación	
DEPENDIENTE	Propiedades mecánicas del concreto	Las propiedades mecánicas del concreto son características resistentes del concreto endurecido y dependen tanto de la relación de las cantidades como de las características físicas de los materiales con las que se fabrica el concreto. Las propiedades mecánicas del concreto son la resistencia a la compresión, tracción uniaxial, flexión, torsión, el creep, módulo de elasticidad, etc. (E. Rivva, 2013)	Las propiedades mecánicas del concreto son características de resistencia del concreto en estado endurecido que tiene principalmente las siguientes componentes; resistencia a la compresión, tracción y flexión, para su medición se realizan los ensayos de laboratorio.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Ensayo de resistencia a la compresión
					Resistencia a la tracción	Ensayo de resistencia a la tracción
					Resistencia a la flexión	Ensayo de resistencia a la flexión

Fuente: Elaboración propia

2.3 Población, muestra y muestreo

Población

Hernández, Fernández y Baptista (2014) menciona que la población es el grupo al que pertenecen todos los individuos que coinciden con unas determinadas especificaciones.

Entonces, en la presente investigación se considera como población a los concretos de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ que son fabricados en el distrito de Cañete.

Muestra

La muestra es un subgrupo de elementos que forman parte del conjunto determinado con sus especificaciones llamado población. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Entonces, para el presente trabajo de investigación, las muestras son los concretos de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ preparados con 0%, 0.1%, 0.5%, y 1% de polvo de algas marinas, fabricando 24 probetas cilíndricas y 12 vigas para ser ensayadas a los 28 días de edad y curado húmedo.

El número de muestras por cantidad de adicción de polvo de algas marinas y tipo de ensayo se resume en la tabla 5.

Las muestras cilíndricas fueron de dimensiones de 10x20cm y las muestras de vigas fueron de dimensiones de 15x15x50cm.

Tabla 5. Muestras a ser ensayadas a 28 días de edad

Algas marinas	Ensayo de resistencia a la:		
	Compresión ($f'c$)	Tracción (fr)	Flexión (Mr)
M-0%	3	3	3
M-0.1%	3	3	3
M-0.5%	3	3	3
M-1.0%	3	3	3

Fuente: elaboración propia

Muestreo

Tipo

El muestreo no probabilístico, también llamado muestra dirigida, es una técnica que para seleccionar las muestras no se da a todos los individuos la igualdad de posibilidades de ser seleccionados de la población. En una investigación cuantitativa es útil para aquellos diseños de investigación que no requieran una “representatividad” sino una elección controlada con determinadas características específicas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En el presente estudio el tipo de muestreo es no probabilístico porque las muestras están controladas bajo condiciones determinadas como son los porcentajes de adicciones de polvo de algas, el cual lo determina el propio autor.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas de recolección de datos

La técnica recolección de datos consiste en planificar a detalle el procedimiento que nos llevara directamente a conocer los datos para un determinado propósito. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Según al párrafo anterior se deduce que las técnicas de recolección es la observación directa de los ensayos de laboratorio que muestran los datos que se relacionan directamente con las variables.

Instrumentos de recolección de datos

Son medios tangibles y/o físicos que son utilizados para obtener y guardar la información (Arias, 1999).

Por lo tanto, en el estudio los instrumentos son los ensayos que determinan la resistencia del concreto y las fichas de recolección de datos, ver anexo 3, las cuales están relacionadas directamente con los resultados.

Validez

Es el grado en que un instrumento sirve para medir una determinada variable. Por ejemplo, no es válido medir el peso de un objeto con una cinta métrica. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En base al párrafo anterior los ensayos realizados son válidos porque tienen el respaldo de las normas ASTM y la NTP donde especifican claramente qué tipo de ensayo se debe realizar según lo que se quiera obtener.

Confiabilidad

Es el grado en que su aplicación repetida a un mismo espécimen dará el mismo resultado o medida. Por ejemplo, si se mide la temperatura ambiental y esta marca 22°C, un minuto después marca 5°C y un minuto después 40°C, entonces este instrumento de medición no será confiable (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Los resultados de las máquinas para los ensayos de compresión, tracción y flexión son confiables porque cuentan con certificaciones internacionales, además se harán 3 ensayos de cada uno para mayor confiabilidad. El software Excel cuenta con el respaldo de ser producto de una empresa muy reconocida y además que llevan mucho tiempo en el mercado aplicándose a varios proyectos de investigación.

2.5 Procedimiento

El presente estudio comenzó con la compra de algas marinas secas y molidas, estas algas fueron secadas durante aproximadamente 20 días en la sombra para que mantengan sus propiedades y luego molidas. Luego se llevó las algas marinas molidas al laboratorio para obtener el material que pasa la malla N° 100. Además, se realizó la identificación de la especie de alga marina. Se compraron los materiales (Cemento, arena y piedra) en la ferretería y fueron llevados al laboratorio para su caracterización. Después de unas semanas se recogió los resultados y se hizo una hoja de cálculo en Excel para hacer el diseño de mezcla por el método ACI. La fabricación de los

especímenes se hizo en la vivienda del autor por lo que se compraron moldes cilíndricos de 10x20cm, madera y plástico para la elaboración de los moldes para las vigas con medidas de 15x15x50. También se compró una balanza, una batea, un cono de abrams y una piscina de 1.22x1.22m.

La fabricación de los especímenes se inició con el cálculo de materiales y la limpieza del lugar, se fabricó las muestras pesando los materiales según la adición y el tipo de ensayo, las muestras se vaciaron en tres capas con chuzado de 25 golpes por capa con una varilla metálica. Se desencofro al día siguiente, después de aproximadamente 24 horas, se codifico las muestras y fueron puestas a curarse. En total se hizo 24 muestras cilíndricas de 10x20cm y 12 muestras de vigas de 15x15x50cm. Después de 28 días se llevó al laboratorio para ser ensayadas por resistencia a la compresión, tracción y flexión. Después se recogió los resultados y se procedió a hacer el análisis de los resultados con ayuda del software Excel mediante cuadros y gráficos.

2.6 Métodos de análisis de datos

El método de análisis de datos es estadístico descriptivo porque consiste en usar la media aritmética de 3 mediciones con una misma adición de polvo de algas marinas, luego comparar cada promedio mediante el uso de tablas y gráficos en hojas de cálculo digital para generar resultados, con los resultados posteriormente se pasa discutir y comparar las diferentes muestras en base a su porcentaje de adicción de algas marinas y generar las conclusiones correspondientes.

2.7 Aspectos éticos

Se respetará el derecho de autor de las diversas investigaciones que sirvieron de antecedente para la presente investigación. Además, toda la información mostrada fue recopilada a partir de fuentes confiables, con lo cual se asegura la veracidad y confiabilidad de las fuentes. Se establecerán las citas correspondientes de toda la información que sirvió de fuente para hacer posible esta investigación tales como tesis, libros ya artículos científicos, manteniendo el respeto a la propiedad intelectual. De la misma manera todo el material didáctico como las tablas y las figuras también serán referenciadas a el autor.

III RESULTADOS

3.1 Desarrollo del procedimiento

3.1.1 Identificación de especie de alga marina



Figura 10. Especie de alga(deshidratada) “Chondrus canaliculatus”

Fuente: elaboración propia

Taxonomía

Division	: Rhodophyta (alga roja)
Clase	: Rhodophyceae
Orden	: Gigartinales
Familia	: Gigartinaceae
Género	: Chondrus
Especie	: Chondrus canaliculatus (C.Agardh) Greville

Descripción

Especie de alga roja proveniente, nutricionalmente es una buena fuente de proteínas e industrialmente una buena fuente de polímeros, al ser un alga roja presenta polisacáridos como el agar y el carragenano usado para hacer geles.

3.1.2 Tamizado de algas

El tamizado de algas marinas se realizó en el tamiz Tyler N°100 que tiene una abertura de 0.150mm, se eligió este tamiz para aprovechar mayor cantidad de material. Se realizó el tamizado de 1kg de algas y se obtuvo lo siguiente:

Algas marinas retenidas: 650g
Algas marinas pasante : 350g

La figura 11 muestra el tamizado de algas en la malla N° 100 realizada en el laboratorio.



Figura 11. Tamizado de algas en el tamiz N° 100

Fuente: elaboración propia

3.1.3 Caracterización del Agregado fino

Granulométrica

La tabla 6 muestra el análisis granulométrico realizado al agregado fino, donde la característica más importante es el módulo de fineza, el cual se determinó sumando los porcentajes del material retenido acumulado en las mallas número 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividirlo entre 100. El módulo de fineza es de 2.94.

Tabla 6. Análisis granulométrico del agregado fino

Tamiz		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C33 HUSO AGR. FINO5	
Pulgadas	mm					
3/8"	9.5	0	0	100	100	100
N°4	4.75	2.2	2.2	97.8	95	100
N°8	2.36	13.3	15.5	84.5	80	100
N°16	1.18	22.9	38.4	61.6	50	85
N°30	0.6	24.7	63.1	36.9	25	60
N°50	0.3	19	82.1	17.9	5	30
N°100	0.15	10.4	92.5	7.5	0	10
FONDO		7.5	100	0	0	0
Módulo de finura		2.94				

Fuente: elaboración propia

La figura 12 muestra la curva granulométrica que resulta de graficar la abertura de los tamices en escala logarítmica vs el porcentaje que pasa. De color anaranjado se puede apreciar el límite del Huso para agregado fino que permiten determinar si el material está bien gradado. Para este caso el material se encuentra dentro de los husos.

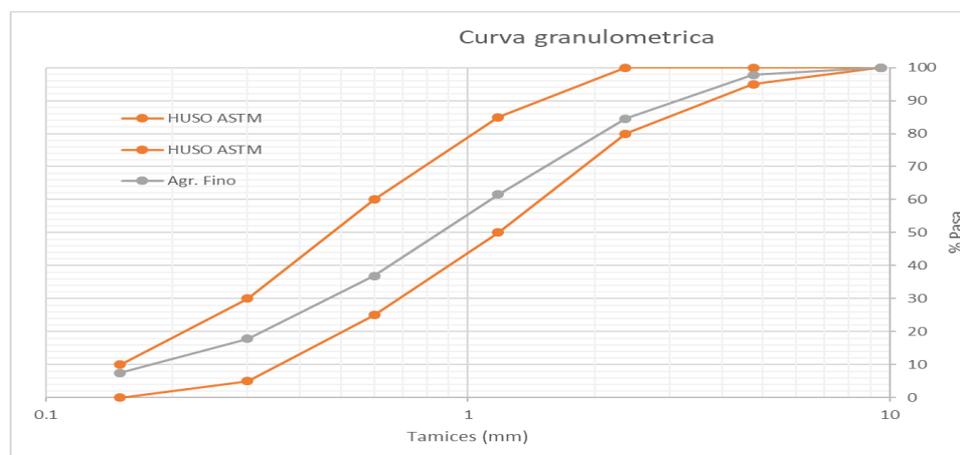


Figura 12. Curva granulométrica del agregado fino

Fuente: elaboración propia

Peso específico

Tabla 7. Peso específico del agregado fino

Muestra	Peso esp. de masa gr/cm ³	Peso esp. de masa superficialmente seco gr/cm ³	Porcentaje de absorción %
Arena	2.65	2.67	0.97

Fuente: elaboración propia

Peso unitario

Tabla 8. *Peso unitario del agregado fino*

Muestra	Peso unit. suelto	Peso unit. compactado	Contenido de humedad
	kg/m ³	kg/m ³	%
Arena	1668	1804	1.61

Fuente: elaboración propia

3.1.4 Caracterización del agregado grueso

Granulométrica

La tabla 9 muestra el análisis granulométrico realizado al agregado grueso, donde la característica más importante es tamaño máximo(TM) y el tamaño máximo nominal(TMN). El TM es la menor malla por la que pasa todo el material, por lo tanto, para este agregado el TM es de 1 ½” y el TMN es aquel que produce el primer retenido, por lo tanto, para este agregado el TMN es de 1”.

Tabla 9. *Análisis granulométrico de la piedra*

Tamiz		% Retenido.	% Retenido Acum.	% Pasa	% Pasa Astm C33	
Pulg	mm				Huso 5	
1 1/2"	37.5	0	0	100	100	100
1"	25	20.3	20.3	79.7	90	100
3/4"	19	57.6	77.9	22.1	20	55
1/2"	12.5	20.8	98.7	1.3	0	10
3/8"	9.5	0.7	99.4	0.6	0	5
N°4	4.75	0.2	99.6	0.4	0	0
FONDO		0.4	100	0	0	0

Fuente: elaboración propia

La figura 13 muestra la curva granulométrica, de color anaranjado se puede apreciar el límite del Huso 5(correspondiente para agregados con TMN de 1” a ½”) que permiten determinar si el material está bien gradado. Para este caso el material presenta una deficiencia porque el material pasante de la malla de 1” es menor que el 90%.

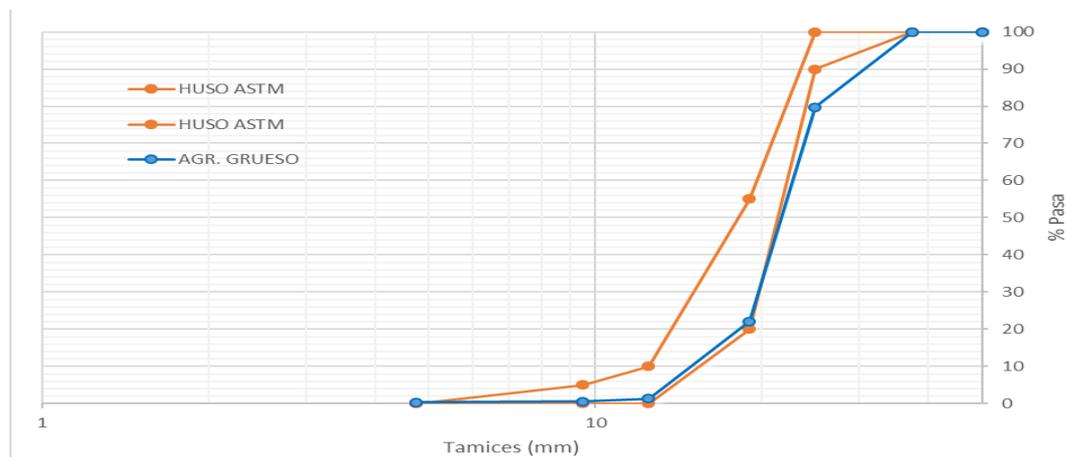


Figura 13. Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: elaboración propia

Peso específico

Tabla 10. *Peso específico del agregado grueso y % de absorción*

Muestra	Peso esp. de masa gr/cm ³	Peso esp. de masa superficialmente seco gr/cm ³	Porcentaje de absorción %
Piedra	2.66	2.69	1.15

Fuente: elaboración propia

Peso unitario

Tabla 11. *Peso unitario del agregado grueso y % de humedad*

Muestra	Peso unit. suelto kg/m ³	Peso unit. compactado kg/m ³	Contenido de humedad %
Piedra	1319	1509	0.33

Fuente: elaboración propia

3.1.5 Caracterización del cemento

El peso específico de masa del cemento no varía significativamente para cementos de la misma marca y tipo, por tal motivo para determinar este dato se utilizará la Tabla 12, en el cual muestra el resultado del ensayo del peso específico de masa realizado a cementos peruanos.

En base a la Tabla 12 para un cemento de la marca “Sol” y tipo 1, el peso específico

de masa es de 3.11gr/cm³, el cual es muy próximo a otros cálculos de pesos específicos realizadas en otras investigaciones para este cemento.

Tabla 12. *Pesos específicos de cementos peruanos realizados por el LEM-UNI*

Peso esp. de masa de cementos peruanos		
Marca	Tipo	Peso específico
Sol	I	3.110 gr/cm ³
Atlas	IP	2.970 gr/cm ³
Andino	I	3.120 gr/cm ³
Andino	II	3.170 gr/cm ³
Andino	V	3.150 gr/cm ³
Pacasmayo	I	3.110 gr/cm ³
Yura	IP	3.060 gr/cm ³
Yura	IPM	3.090 gr/cm ³

Fuente: Rivva, 2015

3.1.6 Diseño de mezcla según Comité 211 del ACI

*. Especificaciones

- a) No se consideran problemas de congelación ni de ataque por sulfatos
- b) f'c de 210 kg/cm² a la edad de 28 días.
- c) Se considerará una mezcla de consistencia Plástica

*. Materiales

a) Cemento

Marca : Sol
 Tipo : I
 Peso esp. : 3.11 gr/cm³

b) Agua

Agua potable, del servicio público de Lima

c) Agregado fino

Peso esp. de la masa 2.65 gr/cm³
 Absorción 0.97%

Cont. de humedad	1.61%
Módulo de fineza	2.94
Peso seco suelto	1668 kg/m ³

d) Agregado grueso

Tam. máx. nominal	1"
Peso seco comp.	1509.0 kg/m ³
Peso esp. de la masa	2.68 gr/cm ³
Absorción	1.15%
Cont. de humedad	0.33%
Peso seco suelto	1319 kg/m ³

*. Determinación de la resistencia promedio (f'_{cr})

Se determina según la tabla 13, para un concreto con resistencia a la compresión de diseño $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

$$f'_{cr}=f'_c+84$$

$$f'_{cr}=294\text{kg/cm}^2$$

Tabla 13. f'_{cr} cuando no hay desviación estándar

f'_c	f'_{cr}
<210	f'_c+70
210-350	f'_c+84
>350	f'_c+98

Fuente: Rivva, 2015

*. Selección del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso

Este dato se determinó en el análisis granulométrico de la piedra.

$$\text{TMN} : 1"$$

*. Selección del asentamiento

El slump se determinó según la tabla 14 para una consistencia plástica.

$$\text{Slump} : 3" \text{ a } 4"$$

Tabla 14. Consistencia y slump

Consistencia	
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	6" a 7"

Fuente: Rivva, 2015

*. Volumen unitario de agua

De la tabla 15, para un slump de 3" a 4" y un TMN de 1" se obtiene 193 litros/m³, este valor es aproximado por lo que luego se tendrá que hacer variaciones a la cantidad de agua. A continuación, se muestra las tabulaciones de valores de volumen unitario de agua asumidos hasta encontrar un slump de 3" a 4".

1era prueba con 193 l/m³ : 1"
 2da prueba con 250 l/m³ : 6"
 3ra prueba con 220 l/m³ : 3.5"

Entonces, el volumen unitario de agua es 220 l/m³.

Tabla 15. Volumen unitario de agua

Slump	Agua en l/m ³ para tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
	Concretos sin aire incorporado					
0" a 2"	207.0	199.0	190.0	179.0	166.0	154.0
3" a 4"	228.0	216.0	205.0	193.0	181.0	169.0
6" a 7"	243.0	228.0	216.0	202.0	190.0	178.0

Fuente: Rivva, 2015

*. Contenido de aire

Se determinó según la tabla 16 para un TMN de 1".

Contenido de aire :1.5%

Tabla 16. *Contenido de aire atrapado*

Contenido de aire atrapado	
TMN	Aire atrapado
3/8"	3.00 %
1/2"	2.50 %
3/4"	2.00 %
1"	1.50 %
1 1/2"	1.00 %
2"	0.50 %

Fuente: Rivva, 2015

*. Relación agua cemento

Se determinó según la tabla 17 mediante la tabulación para un $f'_{cr}=294\text{kg/cm}^2$.

$$a/c = 0.56$$

Tabla 17. *Relación agua cemento*

f'cr	a/c en peso
150	0.80
200	0.70
250	0.62
300	0.55
350	0.48
400	0.43
450	0.38

Fuente: Rivva, 2015

*. Factor cemento

$$\text{Factor cem.} = \frac{\text{Vol. Unit. Agua} = 220 \text{ l/m}^3}{a/c = 0.56}$$

$$\text{Factor cem.} = 394.0 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Factor cem.} = 9.27 \text{ bol/m}^3$$

*. Contenido de agregado grueso

Se determinó según la tabla 18.

Módulo de finesa : 2.94
 TMN : 1"
 Cont. de ag. Grueso : 0.656 (tabulando)
 Peso del ag. Grueso : 0.656 x 1509 = 990 kg/m3

Tabla 18. Contenido de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finesa del fino					
	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3.0
3/8"	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.65	0.64	0.63	0.62	0.60
1"	0.71	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.70
2"	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.72

Fuente: Rivva, 2015

*. Calculo de volúmenes absolutos

Cemento : $393.98 / (3.11 \times 1000) = 0.127$
 agua : $220 / (1 \times 1000) = 0.220$
 aire : 1.5% = 0.015
 ag. Grueso : $989.90 / (2.68 \times 1000) = 0.369$
 Σ de vol. Conocidos : = 0.731 m3

*. Contenido de agregado fino

Vol. de ag. fino : $1 - 0.731 = 0.269$ m3
 Peso del ag. fino seco : $0.269 \times 2.65 \times 1000 = 712.7$ kg/m3

*. Valores de diseño(kg/m3)

Cemento : 394.0
 Agua de diseño : 220.0
 Ag, fino seco : 712.7
 Ag. grueso seco : 989.9

*. Corrección por humedad

Peso húmedo del:

$$\text{Ag. fino} \quad : 712.72 \times (1 + 0.016) = 724.19 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ag. grueso} \quad : 989.90 \times (1 + 0.003) = 993.17 \text{ kg/m}^3$$

Humedad superficial del:

$$\text{Ag. fino} \quad : 0.0161 - 0.0097 = 0.64\%$$

$$\text{Ag. grueso} \quad : 0.0033 - 0.0115 = -0.82\%$$

Aporte de humedad del:

$$\text{Ag. fino} \quad : 712.72 \times 0.0064 = 4.56 \text{ l/m}^3$$

$$\text{Ag. grueso} \quad : 989.90 \times -0.0082 = \underline{-8.12 \text{ l/m}^3}$$

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} \quad -3.56 \text{ l/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva} \quad : 220 - (-3.56) = 223.56 \text{ l/m}^3$$

Peso de los materiales corregidos por humedad para 1m³ de concreto:

$$\text{Cemento} \quad : 393.98$$

$$\text{Agua efectiva} \quad : 223.56$$

$$\text{Ag. fino húmedo} \quad : 724.19$$

$$\text{Ag. grueso húmedo} \quad : \underline{993.17}$$

$$\text{Peso esp. del concreto: } 2334.90 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rendimiento} \quad : 1 \text{ m}^3$$

Proporciones en peso

$$\text{Cemento} \quad : 1$$

$$\text{Ag. fino húmedo} \quad : 1.84$$

$$\text{Ag. grueso húmedo} \quad : 2.52$$

$$\text{a/c corregido} \quad : \underline{0.567}$$

$$5.927$$

Para una mezcla basada en 1 kg de cemento, el rendimiento será:

$$\text{Rendimiento} = 5.927/2334.9 = 0.00254 \text{ kg}$$

3.1.7 Cálculo de materiales

Vol. De una probeta (10x20cm) : 0.00157 m³

Vol. De una viga (15x15x50) : 0.01125 m³

Vol. total de mezcla : $24 \times 0.00157 \times 1.10 + 12 \times 0.01125 \times 1.10$
0.190 m³

La fabricación de especímenes se realizó de 3 en 3.

Fabricación de probetas

Vol. De 3 probetas : $3 \times 0.00157 \times 1.10 = 0.00518$ m³

Materiales

Cemento : $(1.000/0.00253) \times 0.00518 = 2.04$ kg

Ag. Fino : $(1.840/0.00253) \times 0.00518 = 3.76$ kg

Ag. Grueso : $(2.520/0.00253) \times 0.00518 = 5.16$ kg

Agua : $(0.567/0.00253) \times 0.00518 = 1.16$ kg

Algas marinas : $0.0\% \times 2.04 \times 1000 = 0$ g

$0.1\% \times 2.04 \times 1000 = 2$ g

$0.5\% \times 2.04 \times 1000 = 10$ g

$1.0\% \times 2.04 \times 1000 = 20$ g

Fabricación de vigas

Vol. De 3 vigas : $3 \times 0.01125 \times 1.10 = 0.0371$ m³

Materiales :

Cemento : $(1.000/0.00253) \times 0.0371 = 14.66$ kg

Ag. Fino : $(1.840/0.00253) \times 0.0371 = 26.98$ kg

Ag. Grueso : $(2.520/0.00253) \times 0.0371 = 36.95$ kg

Agua : $(0.567/0.00253) \times 0.0371 = 8.31$ kg

Algas marinas : $0.0\% \times 14.66 \times 1000 = 0$ g

$0.1\% \times 14.66 \times 1000 = 15$ g

$0.5\% \times 14.66 \times 1000 = 73$ g

$1.0\% \times 14.66 \times 1000 = 146$ g

3.1.8 Fabricación de muestras

Se fabricó las muestras por grupos de 3 según el porcentaje de polvo de algas marinas y el tipo de ensayo. Las algas marinas se añadieron en un porcentaje del peso del cemento, figura 14. Durante la fabricación de las muestras la trabajabilidad para adiciones de 0.1% y 0.5% se mantuvo casi constante, pero para una adición de 1% la trabajabilidad disminuyó más notoriamente haciendo que se necesite más energía para mezclar los materiales. Las muestras se desencofraron después de 24 horas y fueron puestas a curarse en una piscina durante 28 días. Durante el curado se notó la presencia de eflorescencias, ver figura 15, más de lo normal, lo que se debe a una mejor hidratación del concreto.

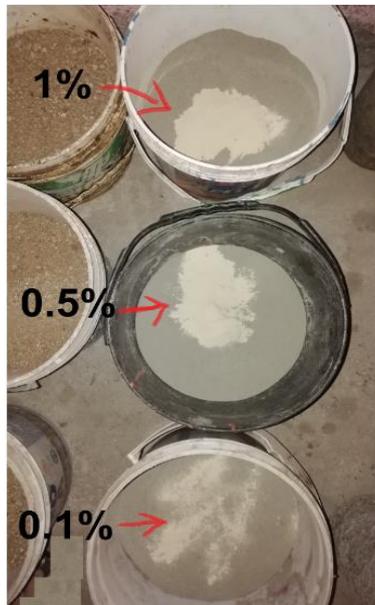


Figura 14. Adición de polvo de algas marinas al cemento.
Fuente: elaboración propia



Figura 15. Presencia de eflorescencias durante el curado de las muestras
Fuente: elaboración propia

3.2 Resultados

3.2.1 Resultados de la resistencia a la compresión

Tabla 19. Resultados de la resistencia a la compresión

Muestra	1	2	3	Promedio	% R. Patrón
M-0	218	230	211	220	0%
M-0.1%	283	294	229	269	22%
M-0.5%	335	293	326	318	45%
M-1.0%	322	306	311	313	42%

Fuente: elaboración propia

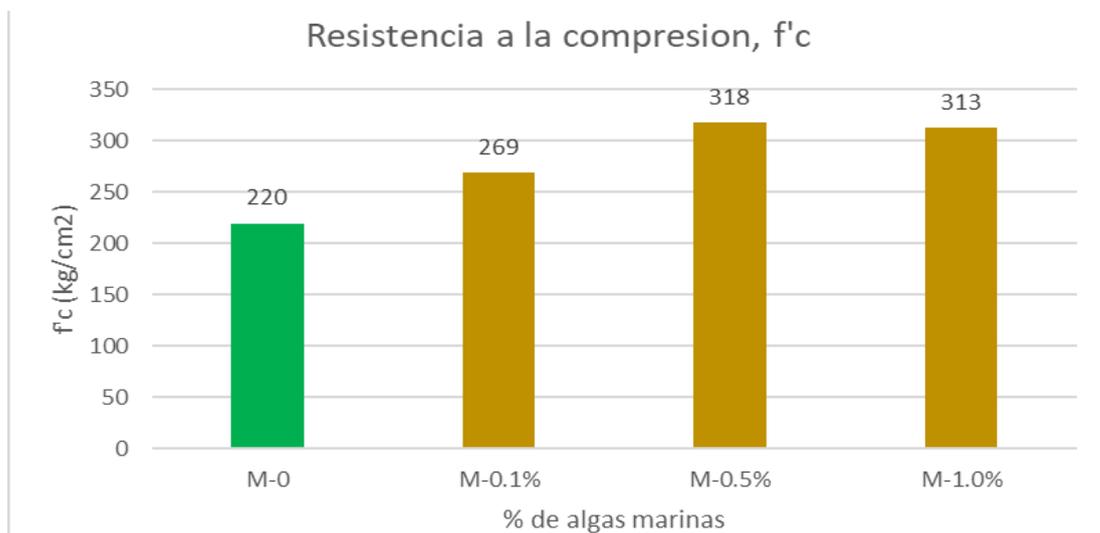


Figura 16. Resistencia a la compresión promedio

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

De la tabla 19 y la figura 16 se visualiza que la mezcla M-0.1% mejora 22% la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla patrón M-0, la mezcla M-0.5% mejora 45% la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla patrón M-0, y la mezcla M-1.0% mejora 42% la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla patrón M-0. Además, para adiciones de 0.1% a 0.5% la resistencia a la compresión aumenta y a partir de 0.5% a 1% la resistencia disminuye mínimamente. El porcentaje óptimo de adición de polvo de algas marinas es de 0.5%.

3.2.2 Resultados de la resistencia a la tracción

Tabla 20. Resultados de la resistencia a la tracción

Muestra	1	2	3	Promedio	% R. Patrón
M-0	36.4	43.6	35	38	0%
M-0.1%	40.1	38.1	44.5	41	7%
M-0.5%	42.4	42.5	46.1	44	14%
M-1.0%	44.1	40.9	43.1	43	11%

Fuente: elaboración propia

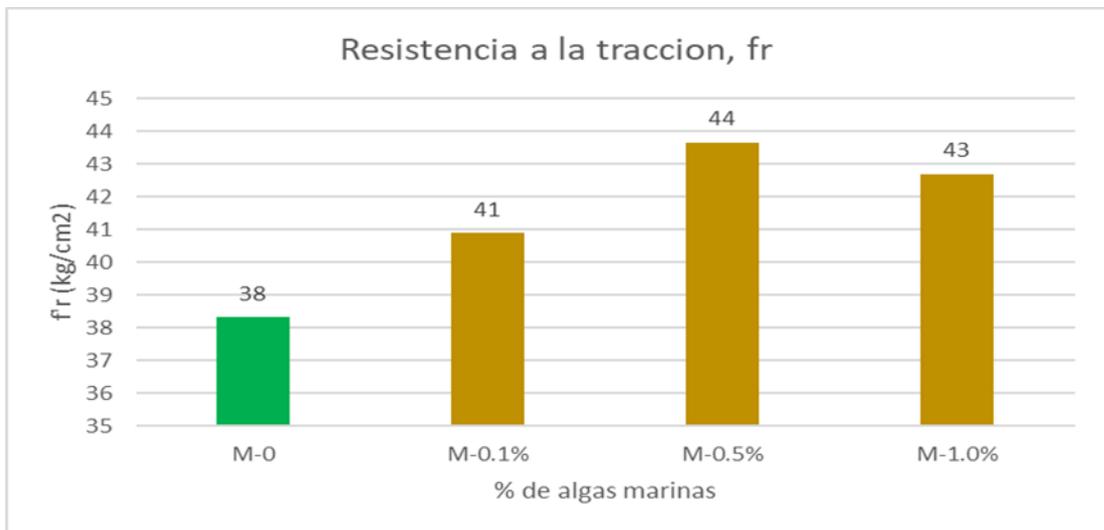


Figura 17. Resistencia a la tracción promedio

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

De la tabla 20 y la figura 17 se observa que la mezcla M-0.1% mejora 7% la resistencia a la tracción con respecto a la mezcla patrón M-0, la mezcla M-0.5% mejora 14% la resistencia a la tracción con respecto a la mezcla patrón M-0, y la mezcla M-1.0% mejora 11% la resistencia a la tracción con respecto a la mezcla patrón M-0. Además, al igual que los resultados de resistencia a la tracción, para adiciones de 0.1% a 0.5% la resistencia a la tracción aumenta y a partir de 0.5% a 1% la resistencia disminuye mínimamente. El porcentaje óptimo de adición de polvo de algas marinas es de 0.5%.

3.2.3 Resultados de la resistencia a la flexión

Tabla 21. Resistencia a la flexión

Muestra	1	2	3	Promedio	% R. Patrón
M-0	34.5	34.5	36.5	35.2	0%
M-0.1%	35.1	37.2	35.6	36.0	2%
M-0.5%	38.4	37.8	39.2	38.5	9%
M-1.0%	36.6	38.8	38.2	37.9	8%

Fuente: elaboración propia

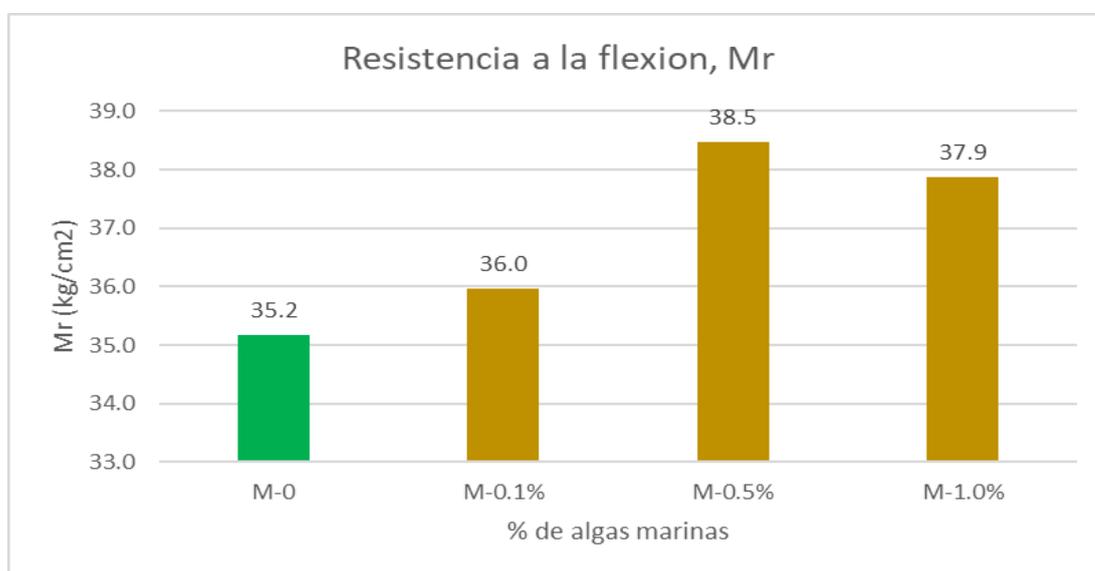


Figura 18. Resistencia a la flexión promedio

Fuente: elaboración propia

Interpretación:

De la tabla 21 y la figura 18 se observa que la mezcla M-0.1% mejora 2% la resistencia a la flexión con respecto a la mezcla patrón M-0, la mezcla M-0.5% mejora 9% la resistencia a la flexión con respecto a la mezcla patrón M-0, y la mezcla M-1.0% mejora 42% la resistencia a la flexión con respecto a la mezcla patrón M-0. Además, al igual que la resistencia a la compresión, para adiciones de 0.1% a 0.5% la resistencia a la flexión aumenta y a partir de 0.5% a 1% la resistencia disminuye mínimamente. El porcentaje óptimo de adición de polvo de algas marinas es de 0.5%.

3.3 Contrastación de hipótesis

Hipótesis General

Determinar la influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. La adición del polvo de algas marinas en el concreto influye significativamente debido al contenido de polímeros de este aditivo natural. En los trabajos de investigación previos tomados como antecedentes tienen por objetivo determinar si las algas marinas influyen en las propiedades mecánicas del concreto como es el caso de Susilorini que obtuvo resultados favorables parecidos al de la presente investigación donde las mejoras varían de 9% a 45% según las tablas 19, 20 y 21.

Por tal motivo se valida la hipótesis general, la adición del polvo de algas marinas influye significativamente sobre las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Hipótesis específica 1

Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. En el presente trabajo de investigación la resistencia a la compresión del concreto se incrementó como máximo un 45% con respecto al concreto patrón según la tabla 19, Susilorini explica que la presencia de varios polímeros que contienen las algas marinas al mezclarse con el cemento mejoran su adhesión a los agregados y Hernández menciona que las algas marinas hacen que el cemento tenga una mejor hidratación.

Por tal motivo se valida la hipótesis específica 1, la adición del polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Hipótesis específica 2

Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. En el presente trabajo de investigación la resistencia a la

tracción del concreto se incrementó como máximo un 14% con respecto al concreto patrón según la tabla 20, Susilorini explica que la presencia de varios polímeros que contienen las algas marinas al mezclarse con el cemento mejoran su adhesión a los agregados y Hernández menciona que las algas marinas hacen que el cemento tenga una mejor hidratación.

Por tal motivo se valida la hipótesis específica 2, la adición del polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la tracción del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$.

Hipótesis específica 3

Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la flexión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$. En el presente trabajo de investigación la resistencia a la flexión del concreto se incrementó como máximo un 9% con respecto al concreto patrón según la tabla 21, Susilorini explica que la presencia de varios polímeros que contienen las algas marinas al mezclarse con el cemento mejoran su adhesión a los agregados y Hernández menciona que las algas marinas hacen que el cemento tenga una mejor hidratación.

Por tal motivo se valida la hipótesis específica 1, la adición del polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la flexión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$.

IV DISCUSIÓN

4.1 Discusión 1

Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$. Zongjing Li menciona que el ensayo de resistencia a la compresión es una prueba fácil y sobretodo importante porque la mayoría de propiedades mecánicas dependen de la resistencia a la compresión. Islam y Zularisam bin (2017) en su artículo científico **“Effect of mixing proportion on the properties of seaweed modified sustainable concrete”** (Efecto de la proporción de mezcla sobre las propiedades del concreto sostenible modificado con algas) determinó que el polvo de algas marinas (Gracilaria Sp.) influye en la resistencia a la compresión del concreto mejorando un 17% respecto a la mezcla patrón para una adición optima de 0.6%, al igual que Susilorini et al. (2014) en su artículo científico **“The advantage of natural polymer modified mortar with seaweed: green construction material innovation for sustainable concrete”** (La ventaja del mortero modificado con polímero natural de algas marinas: innovación en materiales de construcción ecológicos para hormigón sostenible) determinó que el polvo de algas marinas Gracilaria Sp. influye en la resistencia a la compresión del concreto mejorando un 20% respecto a la mezcla patrón para una adición optima de 0.5%. Siendo estos dos resultados similares al de la presente investigación en cuanto al porcentaje óptimo de algas marinas pero diferente en cuanto al porcentaje que mejora la resistencia a la compresión, ya que en la presente investigación se obtuvo una mejora del 45%. Además, para la presente investigación, la resistencia a la compresión es la mayor influencia que tienen las algas marinas en las propiedades mecánicas y para los autores antes mencionados anteriormente es la resistencia a la tracción.

Ramasubramani, Praveen y Sathyanarayanan (2016) en su artículo científico **“Study on the strength properties of marine algae concrete”** (Estudio de las propiedades mecánicas del concreto de algas marinas) determinó que el extracto de algas marinas pardas influye en la resistencia a la compresión mejorando un 20% con respecto a la mezcla patrón para una adición optima del 8% y de manera similar Pagoti (2015) en su artículo científico **“Study on the influence of Marine Algae Properties by using in concrete”** (Estudio sobre la influencia de las propiedades de las algas marinas mediante el uso en hormigón) determinó que el extracto de algas marinas influye en la resistencia a la compresión mejorando un 17% con respecto a la mezcla patrón para

una adición óptima del 15%. Siendo estos resultados satisfactorios al igual que la presente investigación, pero con la diferencia que la presente investigación mejora más del doble la resistencia a la compresión y en cuanto al porcentaje óptimo de adición de algas marinas no es comparable porque una se añade en extracto y la otra en polvo. En general se explica la influencia de las algas marinas en el concreto debido a la presencia de polímeros como las proteínas, los cuales mezclados con el cemento aportan a la mezcla buenas propiedades de unión y adhesión a los agregados. Además, contienen polisacáridos como el agar y carragenano que trabajan en la fase de hidratación del cemento teniendo un curado más eficiente. Además, contiene minerales que a largo plazo beneficiaran al concreto.

Hernandez et al (2016) en su artículo científico **“Influence of cactus mucilage and marine brown algae extract on the compressive strength and durability of concrete”** (Influencia del mucilago de cactus y extracto de algas marinas pardas sobre las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto) determinó que el extracto de algas marinas no influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto excepto para unos especímenes con 0 días de curado y rotura a 120 días de edad. Este artículo científico talvez no obtuvo resultados positivos debido a que el extracto de algas marinas usado como aditivo proviene de un producto comercializado y tratado químicamente en el cual varios de sus componentes se han perdido. En cuanto al único resultado favorable a la edad de 28 días puede deberse a que los componentes químicos del extracto de algas marinas fueron minerales que actuaron a largo plazo.

4.2 Discusión 2

Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la tracción del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$. Shetty menciona que, si bien la característica de compresión del concreto es la más importante, la resistencia a la tracción también lo es porque es probable que el concreto desarrolle tensiones de tracción debido a la contracción por secado, la oxidación del refuerzo de acero, los gradientes de temperatura, entre otros. Islam y Zularisam bin(2017) en su artículo científico **“Effect of mixing proportion on the properties of seaweed modified sustainable concrete”** (Efecto de la proporción de mezcla sobre las propiedades del concreto sostenible modificado con algas) determinó que el polvo de algas marinas Gracialria Sp. influye en la resistencia

a la tracción del concreto mejorando un 60% respecto a la mezcla patrón para una adición óptima de 0.6%, al igual que Susilorini et al. (2014) en su artículo científico **“The advantage of natural polymer modified mortar with seaweed: green construction material innovation for sustainable concrete”** (La ventaja del mortero modificado con polímero natural de algas marinas: innovación en materiales de construcción ecológicos para hormigón sostenible) determinó que el polvo de algas marinas *Gracilaria Sp.* influye en la resistencia a la compresión del concreto mejorando un 92% respecto a la mezcla patrón para una adición óptima de 0.5%. Siendo este resultado igual a la presente investigación en cuanto al porcentaje óptimo, pero la presente investigación mejora mínimamente la resistencia a la tracción.

Ramasubramani, Praveen y Sathyanarayanan (2016) en su artículo científico **“Study on the strength properties of marine algae concrete”** (Estudio de las propiedades mecánicas del concreto de algas marinas) determinó que el extracto de algas marinas pardas influye en la resistencia a la tracción mejorando un 20% con respecto a la mezcla patrón para una adición óptima del 8%, de manera similar Pagoti (2015) en su artículo científico **“Study on the influence of Marine Algae Properties by using in concrete”** (Estudio sobre la influencia de las propiedades de las algas marinas mediante el uso en hormigón) determinó que el extracto de algas marinas influye en la resistencia a la tracción mejorando un 25% con respecto a la mezcla patrón para una adición óptima del 15%. Siendo estos resultados similares a la presente investigación en cuanto al porcentaje que mejora la resistencia a la tracción, pero para los autores mencionados el porcentaje de mejora en la resistencia a la compresión y tracción es cercano y para la presente investigación la tracción es mucho menor que a la resistencia a la compresión. El hecho de que algunas especies influyen en mayor o menor cantidad en las propiedades mecánicas del concreto se debe a la composición y propiedades de la gran variedad de algas marinas

Se explica la influencia de las algas marinas en la resistencia del concreto debido a que contienen polímeros como las proteínas, los cuales mezclados con el cemento aportan a la mezcla buenas propiedades de unión y adhesión a los agregados. Además, contienen polisacáridos como el agar y el carragenano que trabajan en la fase de hidratación del cemento teniendo un curado más eficiente. Además, contiene minerales que a largo plazo beneficiarían al concreto.

4.3 Discusión 3

Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Zongjing Li menciona que hallar la resistencia a la flexión del concreto de manera directa es difícil por ello hallarla mediante una viga es un solución representativa y confiable. Ramasubramani, Praveen y Sathyanarayanan (2016) en su artículo científico “**Study on the strength properties of marine algae concrete**” (Estudio de las propiedades mecánicas del concreto de algas marinas) determinó que el extracto de algas marinas pardas influye en la resistencia a la flexión mejorando un 25% con respecto a la mezcla patrón para una adición optima del 8%. Siendo este resultado mayor con respecto al de la presente investigación en el cual la resistencia a la flexión mejora 9%.

V CONCLUSIONES

5.1 Conclusión general

Se determinó que el polvo de algas marinas influye favorablemente en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, teniendo una mayor influencia en la resistencia a la compresión. El porcentaje óptimo de adición de algas marinas en polvo es de 0.5% del contenido de cemento. Las presencias de polímeros en las algas marinas al mezclarse con el cemento mejoran las propiedades, además el contenido de polisacáridos como el agar y el carragenano mejora la hidratación del cemento haciéndolo más resistente.

5.2 Conclusiones específicas

Se determinó que el polvo de algas marinas influye notablemente en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ mejorando como máximo según la Tabla 19 y figura 16 un 45% la resistencia a la compresión con respecto a la mezcla patrón para una adición del 0.5%, siendo 0.5% el porcentaje óptimo de adición de algas marinas. Además, la resistencia a la compresión es la mayor influencia que tiene el polvo de algas marinas para esta especie en las propiedades mecánicas del concreto.

Se determinó que el polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ mejorando como máximo según la Tabla 20 y figura 17 un 14% la resistencia a la tracción con respecto a la mezcla patrón para una adición del 0.5%, siendo 0.5% el porcentaje óptimo de adición de polvo de algas marinas.

Se determinó que el polvo de algas marinas influye significativamente en la resistencia a la tracción del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ mejorando como máximo según la Tabla 21 y figura 18 un 9% la resistencia a la flexión con respecto a la mezcla patrón para una adición del 0.5%, siendo 0.5% el porcentaje óptimo de adición de polvo de algas marinas.

VI RECOMENDACIONES

Se plantea como línea de investigación futura utilizar otra especie de alga marina como aditivo natural para determinar y analizar la influencia en las propiedades mecánicas y la permeabilidad del concreto endurecido, además también determinar las propiedades físicas en el concreto fresco.

Se plantea como línea de investigación futura realizar la misma investigación variando el tamizado de algas, utilizando tamices inferiores al N° 100 de tal manera que se pueda aprovechar más cantidad de aditivo natural. Además, también hacerlo para tamices superiores al N° 100 con el fin de averiguar si las propiedades mecánicas mejoran en una mayor medida.

Se plantea como línea de investigación futura realizar investigaciones mezclando especies de algas marinas, de tal manera que todas las propiedades mecánicas del concreto mejoren notablemente, es decir se puede mezclar una especie de alga marina que tenga mayor influencia en la resistencia a la compresión con otro tipo de especie que tenga mayor influencia en la resistencia a la tracción y sostener la hipótesis de que esta combinación pueda mejorar en simultaneo la resistencia a la compresión y tracción. De la misma manera hacer una combinación respectiva para flexión.

Se recomienda como línea de investigación futura realizar una comparación de un modelo estructural de concreto sin aditivo y otro modelo estructural utilizando el aditivo natural de algas marinas para determinar si es significativo la disminución de secciones de los elementos estructurales.

REFERENCIAS

- AMARAN, R. y RAVI, R. Effect of cactus on the rheological properties of cement. Tamil Nadu: SRM University, 14(S1): pp. 203-210, mayo 2016.
ISSN 0972-768X
- American Society for Testing and Materials (Estados Unidos). ASTM C496: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete.
- American Society for Testing and Materials (Estados Unidos). ASTM C39: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- American Society for Testing and Materials (Estados Unidos). ASTM C78 Standardized test method for the determination of the flexural strength of concrete (using single beam with load in the thirds of the clearing)
- ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación, guía para su elaboración. 3.^a ed. Caracas: Editorial Episteme, 1999. 68 pp.
- BABILONIA, Indira y URANGO, Sandy. El uso de aditivos de origen natural integral a masas de concreto para la protección contra la corrosión del acero estructural embebido (caso de estudio: sábila). Tesis (Titulación en ingeniería civil). Cartagena: Universidad de Cartagena, 2015.
- BHIKSMA, K., JAGANNADHA RAO, K., BALAJI, B., 2010. An experimental study on behavior of polymer cement concrete. Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing) 11(5), pp. 563-573.
- BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo 2014. 38 pp.
- CARVAJAL, Lizardo. Recursos Humanos en la Investigación científica [en línea]. Cali: Lizardo Carvajal, 2013. [fecha de consulta: 16 de junio del 2018]. Disponible en: <https://goo.gl/3KZPCF>
- CASTRO, Napoleón. características del concreto con aditivos aceleraste e incorporado de aire y c.p.t. 1,-fabricado en la ciudad de Huancayo. Tesis (Titulación en ingeniería civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2001.
- CASTRO, María & et al. Composición química del alga verde ulva lactuca. *Ciencias Marinas*, 22(2): pp. 205-213, febrero 1996.

- *CIP35 – Prueba de resistencia a la compresión del concreto* [en línea]. National Ready Mixed Concrete Association. [Consultado el 6 de septiembre del 2019].
Disponible en <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/>
- *CIP16 – Resistencia a flexión del concreto* [en línea]. National Ready Mixed Concrete Association. [Consultado el 6 de septiembre del 2019].
Disponible en <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/>
- FIGUEROA T. y PALACIO R. Patologías, causas y soluciones del concreto arquitectónico en Medellín. Revista: EIA. Medellín, Colombia: Escuela de ingeniería de Antioquia. Diciembre, 2008. pp. 121-130.
- GOSWAMI, G., BANG, V. y AGARWAL, S. Diverse applications of algae. *International Journal of Advance Research In Science And Engineering*, 4(1): pp. 1102-1109, marzo 2015.
ISSN: 2319-8354(E)
- HARMSÉN Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado. 4ta ed. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005. 681 pp.
- HASAN, M., Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture – A review. *la Agricultura y la Alimentación Organización de las Naciones Unidas (FAO), Bol. N° 531*, pp. 3-18, 2009.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación científica. 6.^a ed. México D.F.: Mc Graw-Hill/Interamericana editores, 2014. 600 pp.
- HERNÁNDEZ, E., PFEIFFER, H. y CANO, J. Influencia del mucílago de nopal y extracto de algas cafés en el grado de hidratación de pastas de cemento portland ordinario. *Nexo Revista científica*, 30(2): pp. 73-83, diciembre 2017.
- HERNÁNDEZ, E., CANO, P. y TORRES, A. Influence of cactus mucilage and marine brown algae extract on the compressive strength and durability of concrete. *Materiales de construcción*, 66 (321): pp. 1-14, enero-marzo 2016.
- ISLAM, Nurul y ABD, Zularisam bin. Effect of mixing proportion on the properties of seaweed modified sustainable concrete. *AIP Conference Proceedings* 1891, (020132): pp. 1-7, octubre 2017.
ISBN: 9780735415737

- ISLAM, MA., RAHMAN, MM., AHMED, M., 2011. Polymer-modified concrete: world experience and potential to Bangladesh, Point of View, Indian Concrete Journal, pp. 55-63.
- KULKARNI, Prathik y MUTHADHI, A. Seaweed as an Internal Curing Agent & Strengthening in Concrete – A Review. SSRG International Journal of Civil Engineering, 4(6): pp. 94-97, junio 2017.
ISSN: 2348 – 8352
- LADRILLOS con lana y algas: más resistentes y sustentables [en línea]. BBC Mundo. Peru. 14 de octubre de 2010. [Fecha de consulta: 25 septiembre de 2019].
Disponible en https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/10/101014_ladrillos_lana_am
- LÁZARO, Lisseth. Comparación técnica entre el concreto reforzado con fibras naturales y el concreto convencional en el distrito de marca - Recuay-Ancash, 2017. Tesis (Titulación en ingeniería civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- NEVILLE, A. M. & BROOKS, J. J. Concrete Technology. 2ª ed. London: Pearson, 2010. 442 pp.
ISBN: 978-0-273-73219-8
- OXFORD Living Dictionaries. Oxford University Press. Disponible en: <https://es.oxforddictionaries.com>
ISBN: 9972427307
- PAGOTI, Sireesha y Vidyasagar, N. Study on the influence of marine algae properties by using in concrete. *International Journal of Academic Research*, 2: pp. 28-32, octubre-diciembre 2015.
ISSN: 2348-7666
- PAREDES J., PRIETO J. y SANTOS E. Corrosión del acero en elementos de concreto armada: vigas y columnas. Artículo científico. Guayaquil, Ecuador: Escuela Politécnica del Litoral. Mayo, 2013. 6 pp.
- PASQUEL E. Tópicos de tecnología en el concreto. Lima, Perú: Colegio de ingenieros del Perú. Noviembre, 1998. 399 pp.
- PORTUGAL, Pablo. Tecnología del concreto de alto desempeño. Paris: Lafayette, 2007. 348 pp.
- RAMASUBRAMANI, R., PRAVEEN, R. y SATHYANARAYANAN, K. S. Study on the strength properties of marine algae concrete. *Rasayan: Journal of Chemistry*, 9(4): pp. 706-715, octubre-diciembre 2016.

ISSN: 0974-1496

- RABANAL, Meslissa. Estudio del sistema de polisacáridos del alga parda *Dictyota dichotoma* y su actividad antiviral. Tesis (Titulación en ingeniería civil). La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2015.
- RAMOS, Jhosselyn. Influencia en las propiedades mecánicas de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con la adición de mucílago de tuna, Chimbote, Áncash – 2017. Tesis (Titulación en ingeniería civil). Nuevo Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2017.
- REDDY, T., et al. Assessing transcription factor motif drift from noisy decoy sequences. *Genome Inform*, 16(1): pp. 59-67, 2005.
- RIVERA, Gerardo. Concreto simple. Cauca: Universidad del Cauca, N.D. 267 pp.
- RIVVA, Enrique. Diseño de Mezcla. 3ra ed. LIMA: Imprenta Willians EIRL, 2015. 292 pp.
- SÁNCHEZ, Hernando. Resistencia de un concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ con sustitución de cemento en 4% y 7% por cenizas de hojas de pino “pinus”. Tesis (Titulación en ingeniería civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018.
- SEGURA J., VELEZ J. y MEDINA A. Concretos de alto desempeño. Revista: Noticreto. Colombia. Octubre, 2012. p. 60-64.
- GRAHAM, L., GRAHAM, J., & WILCOX, L. *Algae* (1st ed.). San Francisco: Benjamin Cummings. 2009.
- SHETTY, M. *Concrete technology: theory and practice*. New Delhi, S. Chand & Company Ltd., 2000. 623 pp.
- The advantage of natural polymer modified mortar with seaweed: green construction material innovation for sustainable concrete por Retno Susilorini [et. al.]. Indonesia, Universidad Pelita Harapan, 95(2014): pp. 419-425, 2014.
- TORRENT, Roberto. Curar o no curar [video en línea]. Instituto del cemento portland argentino, 2018 [Consultado el 4 de octubre del 2019].
Disponibile en <https://www.youtube.com/watch?v=hL7GtaSP0pM&t=1583s>
- ZONGJIN, Li. *Advanced Concrete Technology*. New Jersey, Wiley & Sons, 2011. 506 pp.

ISSN: 978-0-470-43743-8

ANEXOS

ANEXO 1 - Panel fotográfico



Figura 19. Agregado grueso de TM 1 ½”



Figura 20. Agregado grueso y agregado fino en bolsas para llevar al laboratorio para su caracterización respectiva.



Figura 21. Algas marinas pardas en polvo en bolsa de 1kg.



Figura 22. Algas marinas rojas deshidratadas *Chondrus canaliculatus*



Figura 23. Tamizado de algas marinas en el Tamiz N°100



Figura 24. Fabricación de molde para vigas de 15x15x50cm



Figura 25. Slump de 1" para el primer volumen unitario de agua prueba, 193 l/m³



Figura 26. Slump de 3.5" para el tercer volumen unitario de agua prueba, 220 l/m³.



Figura 27. Pesaje de la cantidad de cemento para fabricar 3 probetas.



Figura 28. Pesaje del polvo de algas marinas para la fabricación de 3 probetas.



Figura 29. Cantidad de materiales para la fabricación de 9 probetas, con diferentes adiciones de polvo de algas marinas

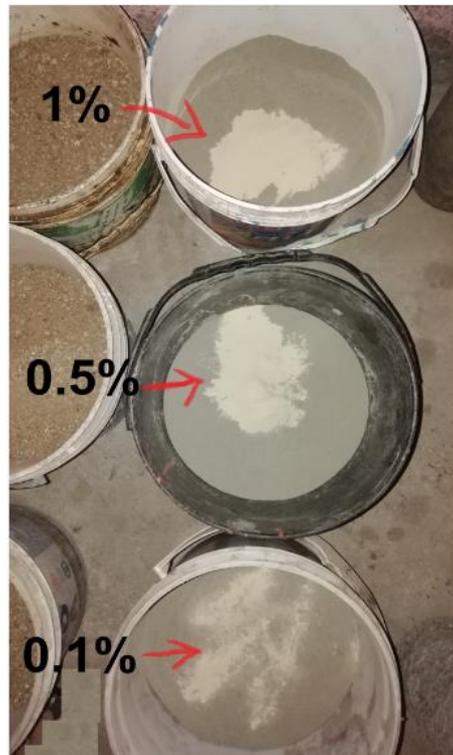


Figura 30. Añadiendo polvo de algas marinas al cemento.



Figura 31. Preparación de la mezcla patrón



Figura 32. Curado de las probetas y vigas durante 28 días



Figura 33. Presencia de eflorescencias durante el curado de las muestras



Figura 34. Muestras de probetas en el LEM-UNI para el ensayo de resistencia a la compresión y tracción



Figura 35. Muestras de vigas en el Laboratorio de Materiales de la UCV para el ensayo de resistencia a la flexión.

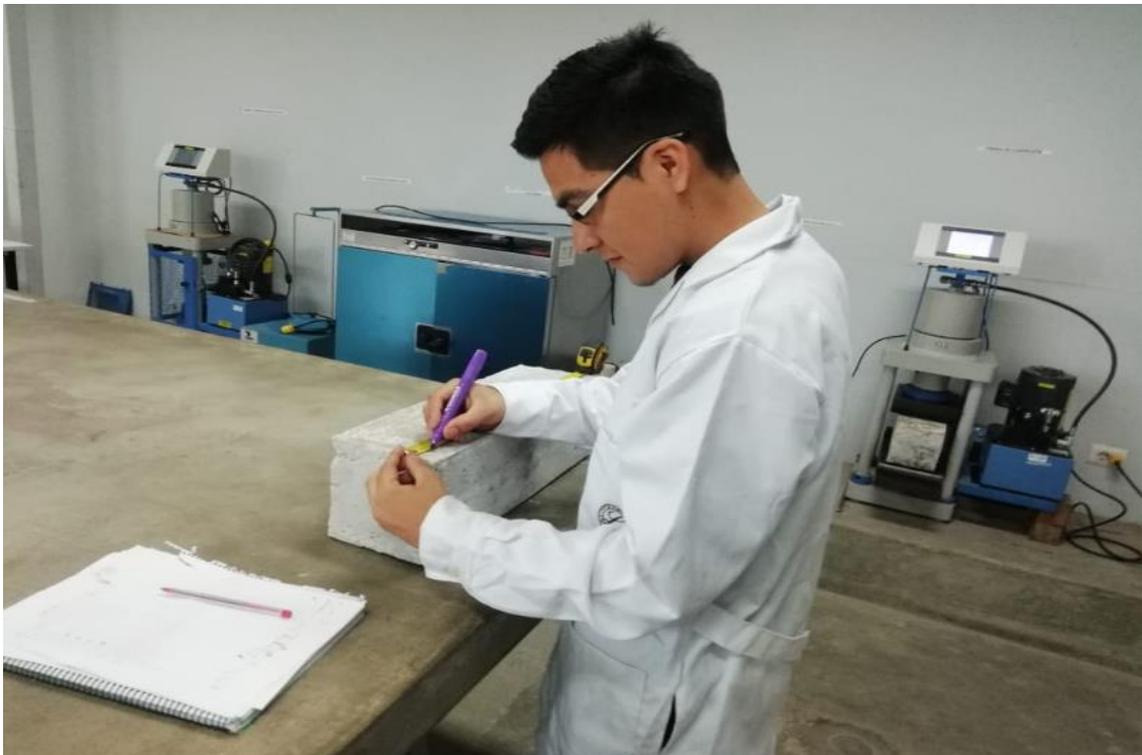


Figura 36. Marcado de las vigas para colocar los apoyos

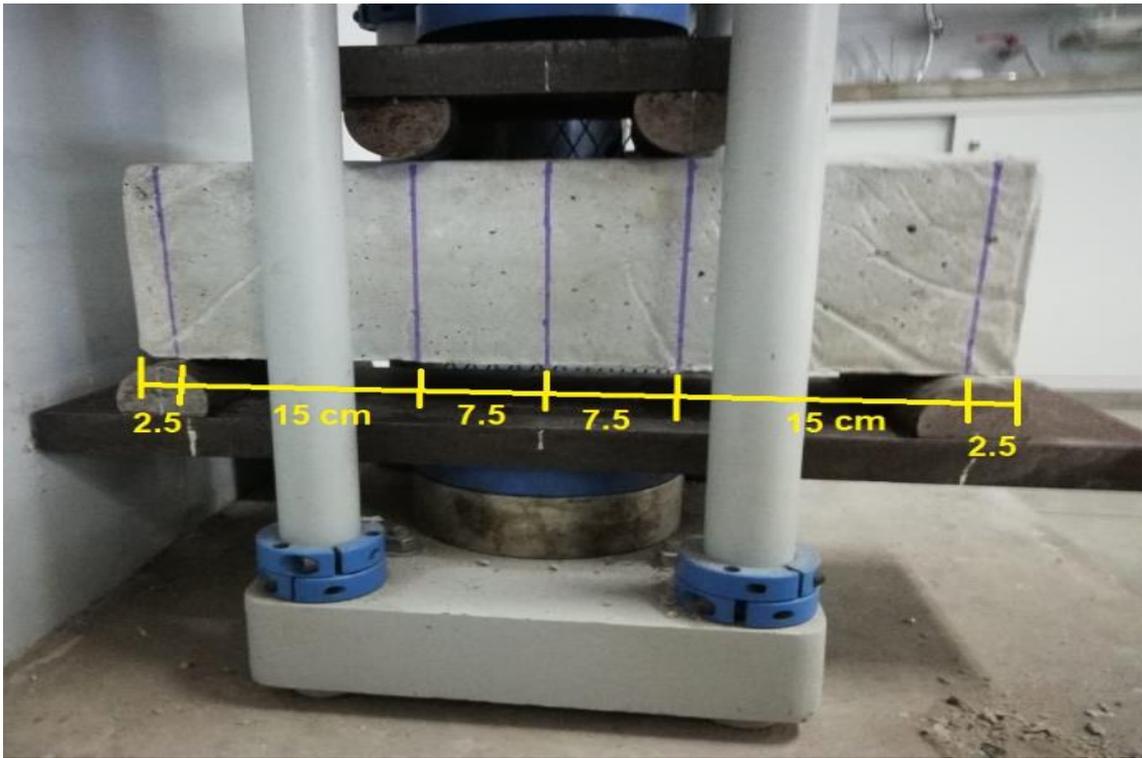


Figura 37. Distribución de los apoyos en la viga



Figura 38. Falla de la viga en el tercio central, por lo tanto, el resultado es aceptable.

ANEXO 2 - Matriz de consistencia

INFLUENCIA DEL POLVO DE ALGAS MARINAS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C=210KG/CM2 EN ANCÓN, 2019					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
General	General	General	Independiente		
¿Cómo influye el polvo de algas marinas en propiedades mecánicas del concreto f'c=210kg/cm2?	Determinar la influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto f'c=210kg/cm2.	La adición del polvo de algas marinas influye significativamente sobre las propiedades mecánicas del concreto f'c=210kg/cm2.	Polvo de algas marinas	Dosificaciones	Adición de 0.1% de polvo de algas marinas Adición de 0.5% de polvo de algas marinas Adición de 1% de polvo de algas marinas
Específicos	Específicos	Específicos	Dependiente		
¿Cómo influye el polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión del concreto?	Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la compresión del concreto.	La adición del polvo de algas marinas aumenta la resistencia a la compresión del concreto significativamente.	Propiedades mecánicas	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión
¿Cómo influye el polvo de algas marinas en la resistencia a la tracción indirecta del concreto?	Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la tracción indirecta del concreto.	La adición del polvo de algas marinas aumenta la resistencia a la tracción indirecta del concreto significativamente.			Resistencia a la tracción
¿Cómo influye el polvo de algas marinas en la resistencia a la flexión del concreto?	Determinar la influencia del polvo de algas marinas en la resistencia a la flexión del concreto.	La adición del polvo de algas marinas aumenta la resistencia a la flexión del concreto significativamente.			Resistencia a la flexión

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE REGISTRO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION JUICIO DE EXPERTOS

Título de tesis:

“Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en Cañete, 2019”

Responsable : Peralta Vásquez Liber Jesús

Instrucción : Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "MATRIZ ADICIONES DE POLVO DE ALGAS MARINAS" con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicitó que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

Adición de polímero al concreto según el tipo concreto modificado con polímeros.

La fórmula que permite hallar el peso de polvo de algas marianas a añadir al concreto es:

$$AM = X\% * Ce * 1000$$

Donde:	
AM	: Peso de polvo de algas marinas(g)
X%	: Porcentaje de adición
Ce	: Peso del cemento(kg)

Mezcla	Cemento (kg)	X%	Polvo de algas marinas (g)
M 0.0%			
M 0.1%			
M 0.5%			
M 1.0%			

M 0.0% = muestra patrón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

M 0.1% = muestra con 0.1% de polvo de algas marinas

M 0.5% = muestra con 0.5% de polvo de algas marinas

M 1.0% = muestra con 1% de polvo de algas marinas

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE REGISTRO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION JUICIO DE EXPERTOS

Título de tesis:

“Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto
f’c=210kg/cm2 en Cañete, 2019”

Responsable : Peralta Vásquez Liber Jesús

Instrucción : Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "MATRIZ DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN" con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicito que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas (NTP 339.034 y ASTM C39)

La fórmula que permite hallar la resistencia a la compresión es:

$$f'c = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde: Pmax : Carga máxima A : Área de la muestra

Mezcla	f’c diseño	Edad:28 días			Promedio
		muestra 1	muestra 2	muestra 3	
M 0.0%					
M 0.1%					
M 0.5%					
M 1.0%					

M 0.0% = muestra patrón con f’c = 210 kg/cm2

M 0.1% = muestra con 0.1% de polvo de algas marinas

M 0.5% = muestra con 0.5% de polvo de algas marinas

M 1.0% = muestra con 1% de polvo de algas marinas

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE REGISTRO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION JUICIO DE EXPERTOS

Título de tesis:

“Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en Cañete, 2019”

Responsable : Peralta Vásquez Liber Jesús

Instrucción : Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "MATRIZ DE RESISTENCIA A LA TRACCION" con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicité que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica (NTP 339.084 y ASTM C496)

La fórmula que permite hallar la resistencia a la tracción es:

$$f_r = \frac{2P_{max}}{\pi * D * L}$$

Donde:
 Pmax : Carga máxima
 D : Diámetro
 L : Altura

Mezcla	Edad:28 días			Promedio
	muestra 1	muestra 2	muestra 3	
M 0.0%				
M 0.1%				
M 0.5%				
M 1.0%				

M 0.0% = muestra patrón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

M 0.1% = muestra con 0.1% de polvo de algas marinas

M 0.5% = muestra con 0.5% de polvo de algas marinas

M 1.0% = muestra con 1% de polvo de algas marinas

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE REGISTRO DE VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION JUICIO DE EXPERTOS

Título de tesis:

“Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto
f’c=210kg/cm2 en Cañete, 2019”

Responsable : Peralta Vásquez Liber Jesús

Instrucción : Luego de analizar y cotejar el instrumento de investigación "MATRIZ DE RESISTENCIA A LA FLEXION" con la matriz de consistencia de la presente investigación, le solicité que, en base a su criterio y experiencia profesional, valide dicho instrumento para su aplicación.

Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión simple del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo (NTP 339.078 y ASTM C78)

La fórmula que permite hallar la resistencia a la flexión es:

$$M_r = \frac{P_{max} * L}{b * d^2}$$

Donde:
 Pmax : Carga máxima
 L : Luz libre
 b : Ancho
 d : Alto

Mezcla	Edad:28 días			Promedio
	muestra 1	muestra 2	muestra 3	
M 0.0%				
M 0.1%				
M 0.5%				
M 1.0%				

- M 0.0% = muestra patrón con f’c = 210 kg/cm2
- M 0.1% = muestra con 0.1% de polvo de algas marinas
- M 0.5% = muestra con 0.5% de polvo de algas marinas
- M 1.0% = muestra con 1% de polvo de algas marinas

Cuadro de calificación de los expertos:

Apellidos y nombres	PINTO BARRANTES RAUL ANTONIO
CIP	51304
Grado Académico	MAGISTER.
Puntuación otorgada	0,80.
Observaciones	
Firma	

Apellidos y nombres	BOZA OLACHEA MARGARITA
CIP	80500
Grado Académico	MAGISTER
Puntuación otorgada	0.80
Observaciones	
Firma	

Apellidos y nombres	PADILLA PICHEN SANTOS RICARDO
CIP	51630
Grado Académico	MAGISTER
Puntuación otorgada	0.85
Observaciones	
Firma	 SANTOS RICARDO PADILLA PICHEN INGENIERO CIVIL CIP 51630

Magnitud	Puntuación
Muy alta	0.80- 1.00
Alta	0.61 – 0.80
Moderada	0.41 – 0.60
Baja	0.21 – 0.40
Muy baja	0.00 – 0.20



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering Technology Accreditation Commission

INFORME

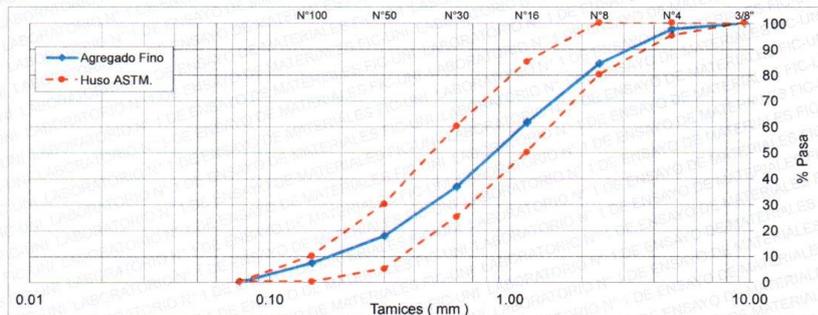
Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PERALTA VASQUEZ LIBER JESUS
 Obra : TESIS
 Asunto : Ensayo de Granulometría en Agregados
 Expediente N° : 19-3723
 Recibo N° : 67673
 Fecha de emisión : 20/09/2019

1. DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera FERRETERIA.
 2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.012:2018.
 Procedimiento interno AT-PR-24.
 3. RESULTADOS :

3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		%RET	%RET ACUM.	% PASA	% PASA ASTM C 33 HUSO AGR. FINO
(Pulg)	(mm)				
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	100
N°4	4.75	2.2	2.2	97.8	95 - 100
N°8	2.36	13.3	15.5	84.5	80 - 100
N°16	1.18	22.9	38.4	61.6	50 - 85
N°30	0.60	24.7	63.1	36.9	25 - 60
N°50	0.30	19.0	82.1	17.9	5 - 30
N°100	0.15	10.4	92.5	7.5	0 - 10
FONDO		7.5	100.0	0.0	0
MÓDULO DE FINURA :		2.94			

3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA



4. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. E.G.V.



Orluis
 MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET | Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : PERALTA VASQUEZ LIBER JESUS
Obra : TESIS
Asunto : Ensayo de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados
Expediente N° : 19-3723
Recibo N° : 67673
Fecha de emisión : 20/09/2019

1.0. DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera FERRETERIA.

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.022:2018.
 Procedimiento interno AT-PR-22.

3.0. RESULTADOS :

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO DE MASA	PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
ARENA GRUESA	2.65	2.67	0.97

4.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. E.G.V.


 MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

 Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

 www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : PERALTA VASQUEZ LIBER JESUS
Obra : TESIS
Asunto : Ensayo de Peso Unitario y Contenido de Humedad en Agregados
Expediente N° : 19-3723
Recibo N° : 67673
Fecha de emisión : 20/09/2019

1.0. DE LA MUESTRA : ARENA GRUESA, procedente de la cantera FERRETERIA.

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.017:2016, para Peso Unitario y NTP 339.185:2018, para contenido de humedad
 Procedimiento interno AT-PR-20, AT-PR-21.

3.0. RESULTADOS :

MUESTRA	PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m³)	PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
ARENA GRUESA	1668	1804	1.61

4.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. E.G.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET Engineering Technology Accreditation Commission

Pág. 4 de 6

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PERALTA VASQUEZ LIBER JESUS
 Obra : TESIS
 Asunto : Ensayo de Granulometría en Agregados
 Expediente N° : 19-3723
 Recibo N° : 67673
 Fecha de emisión : 20/09/2019

1. DE LA MUESTRA : PIEDRA, procedente de la cantera FERRETERIA.

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.012:2018.
 Procedimiento interno AT-PR-24.

3. RESULTADOS :

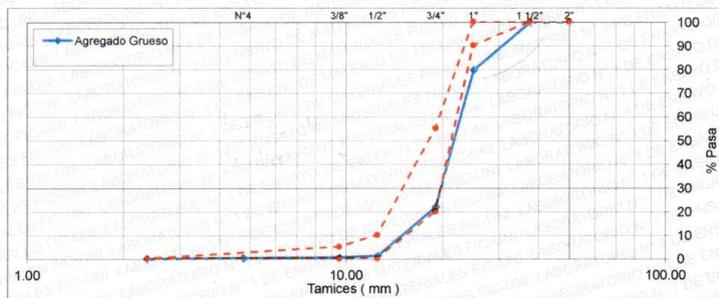
3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

TAMIZ		% RET.	% RET. ACUM.	% PASA	% PASA. ASTM C 33 HUSO 5
(Pulg)	(mm)				
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	100
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	20.3	20.3	79.7	90 - 100
3/4"	19.00	57.6	77.9	22.1	20 - 55
1/2"	12.50	20.8	98.7	1.3	0 - 10
3/8"	9.50	0.7	99.4	0.6	0 - 5
N°4	4.75	0.2	99.6	0.4	-
FONDO		0.4	100.0	0.0	-
MÓDULO DE FINURA :		7.75			

TMN

$M_f = \frac{\sum \% Ret. Acum}{100}$
 100
 mallas validas
 6", 3", 3/2", 3/4", 3/8"
 N°4, N°8, N°16, N°30
 N°50, N°100

3.2. CURVA GRANULOMÉTRICA



4. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. E.G.V.

[Signature]
 Ing. M. A. Tejada S.

[Signature]
 MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por
ABET | Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : PERALTA VASQUEZ LIBER JESUS
Obra : TESIS
Asunto : Ensayo de Peso Específico y Porcentaje de Absorción en Agregados
Expediente N° : 19-3723
Recibo N° : 67673
Fecha de emisión : 20/09/2019

1.0. DE LA MUESTRA : PIEDRA, procedente de la cantera FERRETERIA.

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.021:2018.
 Procedimiento interno AT-PR-23.

3.0. RESULTADOS :

MUESTRA	PESO ESPECÍFICO DE MASA	PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)
PIEDRA	2.66	2.69	1.15

4.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
 Técnico : Sr. E.G.V.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : PERALTA VASQUEZ LIBER JESUS
 Obra : TESIS
 Asunto : Ensayo de Peso Unitario y Contenido de Humedad en Agregados
 Expediente N° : 19-3723
 Recibo N° : 67673
 Fecha de emisión : 20/09/2019

1.0. DE LA MUESTRA : PIEDRA, procedente de la cantera FERRETERIA.

2.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 400.017:2016, para Peso Unitario y NTP 339.185:2018, para contenido de humedad
Procedimiento interno AT-PR-20, AT-PR-21.

3.0. RESULTADOS :

MUESTRA	PESO UNITARIO SUELTO (Kg/m ³)	PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/m ³)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
PIEDRA	1319	1509	0.33

4.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Ing. M. A. Tejada S.
Técnico : Sr. E.G.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





ANEXO 5 - Certificado de clasificación taxonómica



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
MUSEO DE HISTORIA NATURAL



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

CONSTANCIA N°433-USM-2019

LA JEFA (e) DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (Algas secas), recibida de recibida de la **Liber J. PERALTA VASQUEZ**; estudiante de la Universidad César Vallejo; ha sido estudiada y clasificada como: ***Chondrus canaliculatus*** (C. Agardh) Greville; y tiene la siguiente posición taxonómica, según Dawson et al 1964.

DIVISION: RHODOPHYTA

CLASE: RHODOPHYCEAE

ORDEN: GIGARTINALES

FAMILIA: GIGARTINACEAE

GENERO: *Chondrus*

ESPECIE: *Chondrus canaliculatus* (C. Agardh) Greville

Determinado por: Dr. César Acleto Osorio

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 26 de noviembre de 2019



Joaquina Albán Castillo
Dra. Joaquina Albán Castillo
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)



ANEXO 6 - Certificado de los ensayos de resistencia a la compresión.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

Página 1 de 2

INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 : LIBER JESUS PERALTA VASQUEZ
 : TESIS "INFLUENCIA DEL POLVO DE ALGAS MARINAS EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO"

Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 19-4314
Recibo N° : 68293
Fecha de emisión : 25/10/2019

- 1. DE LA MUESTRA** : Consistente en 12 probetas cilíndricas de concreto.
- 2. DEL EQUIPO** : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.
 Certificado de Calibración CMC-103-2019
- 3. MÉTODO DEL ENSAYO** : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
 Procedimiento interno AT-PR-12.
- 4. RESULTADOS** :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	M 0%-1	26/09/2019	25/10/2019	81.2	17,723	218	Tipo 3
2	M 0%-2	26/09/2019	25/10/2019	80.6	18,576	230	Tipo 3
3	M 0%-3	26/09/2019	25/10/2019	81.2	17,113	211	Tipo 2
4	M 0.1%-1	26/09/2019	25/10/2019	81.6	23,056	283	Tipo 3
5	M 0.1%-2	26/09/2019	25/10/2019	81.0	23,789	294	Tipo 3
6	M 0.1%-3	26/09/2019	25/10/2019	81.5	18,679	229	Tipo 3
7	M 0.5%-1	26/09/2019	25/10/2019	80.6	26,974	335	Tipo 3
8	M 0.5%-2	26/09/2019	25/10/2019	81.1	23,735	293	Tipo 2
9	M 0.5%-3	26/09/2019	25/10/2019	81.4	26,566	326	Tipo 2
10	M 1%-1	26/09/2019	25/10/2019	80.9	26,076	322	Tipo 2

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. G. P. L.
 A.S.V.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



Expediente N° : 19-4314

Página 2 de 2

Nr	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FALLA
11	M 1%-2	26/09/2019	25/10/2019	82.0	25,085	306	Tipo 3
12	M 1%-3	26/09/2019	25/10/2019	82.1	25,566	311	Tipo 2

5. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. G. P. L.
A.S.V.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
Jefe (e) del laboratorio

UNI-LEM
La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú
(511) 381-3343
(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe
lem@uni.edu.pe
Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





ANEXO 7 - Certificados de los ensayos de resistencia a la tracción



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del **A** : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 : LIBER JESÚS PERALTA VASQUEZ
 TESIS "INFLUENCIA DEL POLVO DE ALGAS MARINAS EN LAS PROPIEDADES
 Obra : MECANICAS DEL CONCRETO"
 Ubicación : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 Asunto : Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral
 Expediente N° : 19-4315
 Recibo N° : 68294
 Fecha de emisión : 05/11/2019

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 12 probetas cilíndricas de concreto.
 2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial PROETI
 Certificado de Calibración CMC-067-2019
 3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.084:2012 (Revisada 2017)
 4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	DIÁMETRO (cm)	ALTURA (cm)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (Kg/cm²)
1	M 0% - 1	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.6	11943	36.4
2	M 0% - 2	26/09/2019	04/11/2019	10.2	20.4	14257	43.6
3	M 0% - 3	26/09/2019	04/11/2019	10.2	20.5	11493	35.0
4	M 0.1% - 1	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.4	12932	40.1
5	M 0.1% - 2	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.4	12317	38.1
6	M 0.1% - 3	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.5	14443	44.5
7	M 0.5% - 1	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.2	13623	42.4
8	M 0.5% - 2	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.3	13667	42.5
9	M 0.5% - 3	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.4	14912	46.1
10	M 1% - 1	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.4	14197	44.1
11	M 1% - 2	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.4	13241	40.9
12	M 1% - 3	26/09/2019	04/11/2019	10.1	20.5	14009	43.1

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. L. O. R.

L.J.B



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.

UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





ANEXO 8 - Certificados de los ensayos de resistencia a la flexión

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
---	--

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO (Mr) ASTM C78

TESIS : Influencia del polvo de algas marinas en las propiedades mecánicas del concreto
f_c=210kg/cm² en Cañete, 2019

UBICACIÓN : Los Olivos, Lima

TESISTA : Liber J. Peralta Vásquez

FECHA DE ENSAYO : 25/10/2019

PRESENTACION : Especímenes prismáticas de 15x15x50cm

f_c de diseño : 210 kg/cm²

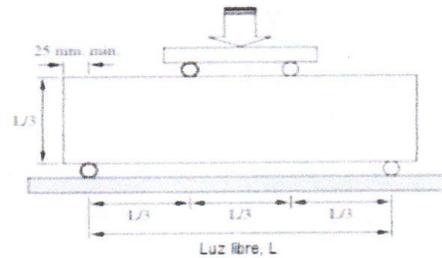
N° Muestra	Identificación	Fecha muestreo	Fecha ensayo	Edad (días)	Altura (cm)	Ancho (cm)	Luz libre (cm)	Fuerza máxima (Kgf)	Ubicación de la falla	Modulo de rotura (kg/cm ²)
1	M0.0% - 1	27/09/19	25/10/19	28	15.1	15.5	45	2707.3	Tercio central	34.5
2	M0.0% - 2	27/09/19	25/10/19	28	15.4	15.3	45	2780.3	Tercio central	34.5
3	M0.0% - 3	27/09/19	25/10/19	28	15.1	15.3	45	2832.0	Tercio central	36.5
4	M0.1% - 1	27/09/19	25/10/19	28	15.2	15.3	45	2759.8	Tercio central	35.1
5	M0.1% - 2	27/09/19	25/10/19	28	15.2	15.1	45	2887.3	Tercio central	37.2
6	M0.1% - 3	27/09/19	25/10/19	28	15.3	15.4	45	2849.6	Tercio central	35.6
7	M0.5% - 1	27/09/19	25/10/19	28	15.0	15.3	45	2935.0	Tercio central	38.4
8	M0.5% - 2	27/09/19	25/10/19	28	15.1	15.2	45	2910.0	Tercio central	37.8
9	M0.5% - 3	27/09/19	25/10/19	28	15.2	15.4	45	3096.3	Tercio central	39.2
10	M1.0% - 1	27/09/19	25/10/19	28	15.1	15.2	45	2817.9	Tercio central	36.6
11	M1.0% - 2	27/09/19	25/10/19	28	15.0	15.2	45	2949.0	Tercio central	38.8
12	M1.0% - 3	27/09/19	25/10/19	28	15.0	15.3	45	2923.4	Tercio central	38.2

La fórmula que permite hallar la resistencia a la flexión es:

$$M_r = \frac{P_{max} * L}{b * d^2}$$

Donde:

P_{max} : Carga máxima
L : Luz libre
b : Ancho
d : Altura




Margarita Boza Olaechea
INGENIERA CIVIL
CIP. 80500

Mg. Ing. Margarita L. Boza Olaechea



Tec. Julio E. Díaz Gutiérrez