

Performance evaluation of concrete with the addition of maguey fibers

Culqui Vásquez, José Enrique¹, Gaona Abanto, Erick Andres Emilio, Ing²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00322672@upn.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, erick.gaona@upn.pe

This study evaluated the properties of concrete with maguey fibers, comparing mixtures with 2% and 4% fiber against conventional concrete with resistance f'_c : 210 kg/cm². 27 specimens were worked, 9 of which were the standard specimens, 9 with 2% and 9 with 4%. Tests were carried out on the temperature of fresh concrete, compressive strength and sclerometry. The results showed that the maguey fiber did not affect the temperature of the concrete but reduced its workability. The concrete with 2% fiber reached a compressive strength of 177.20 kg/cm² at 28 days, while the concrete with 4% fiber presented a resistance of 54.62 kg/cm². The pattern concrete, without the addition of fibers, reached a resistance of 270.57 kg/cm². Sclerometry indicated better results for concrete with 2% fiber compared to 4%. It is recommended to use up to 2% of maguey fiber in low resistance applications, such as pedestrian pavements and non-structural elements, ensuring a homogeneous mixture and using plasticizing additives to improve workability.

Evaluación del desempeño del concreto con Adición de Fibras de Maguey

Culqui Vásquez, José Enrique¹, Gaona Abanto, Erick Andrés Emilio, Ing.²

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00322672@upn.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, erick.gaona@upn.pe

Este estudio evaluó las propiedades del concreto con fibras de maguey, comparando mezclas con 2% y 4% de fibra frente a un concreto convencional de resistencia f'_c : 210 kg/cm². Se trabajó 27 probetas las cuales 9 fueron de las probetas patrón, 9 con el 2% y 9 con el 4% de fibras reemplazando al agregado fino. Se realizaron ensayos sobre la temperatura del concreto fresco, resistencia a la compresión y esclerometría. Los resultados mostraron que la fibra de maguey no afectó la temperatura del concreto, pero redujo su trabajabilidad. El concreto con 2% de fibra alcanzó una resistencia a la compresión de 177.20 kg/cm² a 28 días, mientras que el concreto con 4% de fibra presentó una resistencia de 54.62 kg/cm². El concreto patrón, sin adición de fibras, alcanzó una resistencia de 270.57 kg/cm². La esclerometría indicó mejores resultados para el concreto con 2% de fibra en comparación con el de 4%. Se recomienda utilizar hasta un 2% de fibra de maguey en aplicaciones de baja resistencia, como pavimentos peatonales y elementos no estructurales, asegurando una mezcla homogénea y usando aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad.

Palabras clave: Concreto, Maguey, resistencia, compresión, esclerometría.

I. INTRODUCCIÓN

El uso de fibras naturales en el concreto ha sido objeto de investigación durante las últimas décadas debido a su potencial para mejorar la resistencia mecánica y durabilidad del material. En la fibra de maguey (*Agave americana* L.) se han demostrado propiedades físicas y mecánicas favorables.

La norma ASTM D7357, titulada "Especificación estándar para fibras de celulosa para hormigón reforzado con fibra y otros productos cementantes", tiene como objetivo principal garantizar la calidad y el rendimiento consistentes de las fibras de celulosa utilizadas en aplicaciones de hormigón reforzado; así mismo, establece criterios para las propiedades físicas y mecánicas de las fibras, así como para los métodos de prueba para evaluar su conformidad [1].

El concreto armado o reforzado surgió en la segunda mitad del siglo XIX, y desde entonces se han realizado muchas investigaciones para mejorar sus propiedades. Desde 1935, con la invención del nylon, el interés en las fibras sintéticas creció debido a su alta resistencia y bajos costos. Según la mención [2] las fibras pueden usarse en materiales de construcción y han probado fibras naturales como sisal, madera y bambú en al menos 40 países. Aunque los resultados fueron prometedores, hubo problemas de durabilidad; sin embargo, buscando mejorar esto, investigaron tratamientos para la fibra de maguey para aumentar su durabilidad en el concreto.

El maguey es una planta ampliamente distribuida en América, adaptada a climas áridos y con una estructura robusta constituida por fibras solubles e insolubles como celulosa, hemicelulosa y lignina. Las propiedades funcionales de la fibra de maguey, obtenida mediante procesos hidrotérmicos y de expansión por explosión, incluyen una alta capacidad de absorción y retención de agua, capacidad de hinchamiento y absorción de grasa. Estas propiedades hacen que la fibra sea útil en diversas aplicaciones industriales, incluida la construcción [3].

La referencia [4] ha demostrado que las fibras derivadas del maguey son más extensibles que otras fibras naturales y también presentan alta resistencia a la tracción, son de baja densidad y tienen un alto contenido de humedad.

La hipótesis de este trabajo plantea que la adición de fibras de maguey puede modificar las propiedades mecánicas del concreto, mejorando su resistencia en ciertas aplicaciones, aunque con una posible reducción en la trabajabilidad. El objetivo principal es evaluar el desempeño del concreto con 2% y 4% de fibra de maguey reemplazando la cantidad calculada de las fibras en el agregado fino, comparando sus propiedades frente a un concreto convencional.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo experimental, ya que se manipulan variables independientes (adición de fibra de maguey) y se obtiene información a través de diversas pruebas de laboratorio que ayudan a probar o refutar la hipótesis. De esta manera demostrar la resistencia que obtiene el concreto; siendo la variable dependiente.

Se toma en cuenta la norma ACI 211.1 para el diseño de mezcla de concreto, con esto se pudo saber la cantidad o dosificación de cada material, en este caso del agregado fino y grueso, así como el maguey para poder ser utilizado en la mezcla de concreto [5]. Para este estudio se ensayó un total de 27 probetas, de las cuales se tiene en cuenta a la tabla 1.

TABLA 1
MUESTRA DE DISEÑO

Muestra	Número de probetas
Convencionales	9
2% de maguey	9
4% de maguey	9
Total	27

Elaboración propia (2024)

Nota. En la **tabla 1** se muestra la cantidad exacta por porcentaje de Maguey en el concreto, específicamente 9 unidades de 2% y 4% de maguey, asimismo, se tiene 9 unidades de probetas a la cual no se le incorpora dicha fibra. Cabe mencionar que las pruebas de resistencia a la compresión y esclerometría se llevaron a cabo a los 28 días de curado, al obtener su resistencia máxima.

Para el estudio de agregados se realizó un proceso experimental en laboratorio, estos ensayos se muestran en la tabla 2.

TABLA 2
NORMATIVAS / ENSAYO DE AGREGADOS

Tipo	Ensayo	Norma
Agregado fino/grueso	Análisis Granulométrico	NTP 400.012 [6]
Agregado fino/grueso	Contenido de humedad	NTP 339.185 [7]
Agregado fino/grueso	Peso específico	NTP 400.021 [7]
Agregado fino/grueso	Absorción	NTP 400.021 /NTP 400.022 [8]

Elaboración propia (2024)

Nota. En la **tabla 2**, se presenta la normativa peruana para cada uno de los ensayos de agregado fino y de agregado grueso. Ello ayudó en la investigación para verificar la calidad de material a ser utilizado en la mezcla de concreto.

Por otro lado, para verificar la resistencia del concreto incorporando fibra de Maguey se utilizó el ensayo de compresión y esclerometría, especificados en la tabla 3.

TABLA 3
NORMATIVAS / ENSAYO DE MUESTRAS DE CONCRETO

Ensayo	Resistencia calculada
Resistencia a la compresión	NTP 339.034 [9]
Esclerometría	NTP 339.181 [10]

Elaboración propia (2024)

Nota. En la **tabla 3** se presentan los ensayos que ayudaron a verificar si el maguey en fibras ayuda a aumentar la resistencia al concreto en comparación al concreto convencional, lo cual fue ensayado por medio de unidades de probetas.

A. Obtención de materiales

Para la elaboración de la mezcla de concreto se necesitaron los siguientes materiales como:

1) **Cemento:** Para la mezcla de concreto, se empleó el Cemento Hidráulico Adicionado Extra-Forte Pacasmayo, con una densidad de 2970 kg/m³. Se revisó su ficha técnica y se cotejaron sus características con las especificaciones de la NTP 334.009 [9].

2) **Agua:** Las propiedades del agua utilizada están consideradas en la NTP E-060 [11], la cual dice que debe ser potable, limpia y libre de aceite, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica u otras sustancias nocivas.

3) **Agregados:** los agregados utilizados para el presente estudio se obtuvieron de la Cantera Bazán, ubicada en el Distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, con referencia a espaldas del puente del Carmen, de los cuales se realizaron todos los ensayos correspondientes siguiendo las normativas establecidas para cada uno.

4) **Maguey:** En esta investigación, el maguey se utilizó como el principal material para evaluar la resistencia del

concreto. Esta planta, originaria de México, fue históricamente útil para los indígenas en la fabricación de productos como costales, tapetes y redes de pesca. El maguey se obtuvo de un campo cercano a la ciudad de Cajamarca y se procesaron cortándolos en fibras no mayores a 3mm de espesor para su incorporación al concreto [12].

Las fibras del maguey se componen de celulosa, hemicelulosa y lignina, y presentan las siguientes propiedades [4]:

4.1) **Alta resistencia a la tracción:** las fibras de maguey son extensibles y poseen una alta resistencia a la tracción, lo que las hace adecuadas para aplicaciones donde se requiere durabilidad y fuerza.

4.2) **Baja densidad:** las fibras son ligeras, lo que contribuye a reducir el peso del material compuesto en el que se integran.

4.3) **Alta capacidad de absorción de agua:** tienen una notable capacidad para absorber y retener agua, lo cual puede influir en la hidratación y curado del concreto.

4.4) **Capacidad de hinchamiento y absorción de grasa:** estas propiedades funcionales hacen que las fibras de maguey sean útiles en diversas aplicaciones industriales, incluida la construcción.

B. Mezcla de concreto

El diseño de la mezcla de concreto se realizó según los métodos establecidos por el American Concrete Institute (ACI), especialmente la Norma 211.1 [5]. Este organismo determina la relación en peso (Kg) del material por metro cúbico (m³) en base a los resultados obtenidos de los ensayos realizados teniendo en cuenta la normativa aplicable.

De esta manera se procedió a elaborar el primer diseño de mezcla de concreto patrón, luego con una adición del 2% de fibra de maguey, reemplazando la cantidad calculada de las fibras por el agregado fino y posteriormente con una adición del 4% de la misma manera, se realizaron 9 probetas de cada uno y, finalmente se obtuvieron 27 probetas en total.

En el proceso de mezcla del concreto sin adición, lo primero que se realizó fue pesar las cantidades obtenidas en el diseño, así mismo se midió el agua necesaria. Una vez obtenidos los pesos calculados se procedió a encender el mezclador de concreto (trompo), donde se comenzó a agregar los materiales secos (cemento, agregados fino y grueso), posteriormente se añadió el agua. Para el caso del concreto con 2% y 4% de fibra de maguey, se trabajó con los pesos calculados en el diseño de mezcla con adición respecto al agregado fino. El único cambio que se presentó durante el proceso de fabricación de mezcla fue que el maguey se colocó en pequeños trozos a medida no mayor a 3mm, los cuales fueron incorporados en el trompo después de los materiales secos.

C. Procedimiento de ensayos al concreto fresco

1) **Temperatura:** El dispositivo de medición utilizado fue un termómetro digital según lo establecido en la norma NTP 339.184. El primer paso es introducirlo a 75 mm y dejarlo durante 2-5 minutos. Después de un tiempo determinado, se estipula la temperatura final y se convierte en la temperatura de

la mezcla. Según la normativa, la temperatura ideal está entre 10°C y 32°C [13].

2) *Asentamiento*: De acuerdo con la norma NTP 339.035, en este ensayo se determinó la medida del asentamiento del concreto mediante el cono de Abrams (molde cónico). Lo primero que se procedió a realizar fue tener lista la mezcla de diseño, seguidamente se engrasó ligeramente el molde para evitar la pérdida de agua, luego se vertió el concreto en 3 capas, en cada una ellas se compactó la mezcla a través de 25 varilladas y la última tuvo que estar enrasada. Una vez lleno el molde, se procedió a levantarlo verticalmente. Finalmente, se dio la vuelta al cono y se midió la diferencia de altura, la cual fue la medida de asentamiento [14].

3) *Elaboración de especímenes*: Para la preparación de muestras cilíndricas a partir de la mezcla obtenida se tomó como referencia la NTP 339.033., en este caso se trabajó con moldes de 150 mm de diámetro y con una altura de 300mm, la norma específica que con este tipo de molde se debe verter la mezcla fresca en 3 capas, cada capa debe tener 25 golpes de compactación con una varilla y 10 golpes con un mazo de goma. Finalmente, se enrazó y se dejó fraguar la mezcla dentro de un periodo de 24 horas, una vez pasado este tiempo se retiraron las probetas de los moldes y se las puso en un estado de curado bajo agua [15].

D. Procedimiento de ensayos al concreto endurecido

Después de 28 días de curado bajo agua se llevaron a cabo la cantidad de 2 ensayos, estos se realizaron con el objetivo de determinar el efecto de la adición de 2% y al 4% con fibra de maguey, es decir, cómo esta modifica las propiedades. Los ensayos realizados fueron:

1) *Esclerometría*: De acuerdo con la norma NTP 339.181, este ensayo fue realizado con el propósito de determinar el índice de rebote en el concreto endurecido mediante el empleo de un esclerómetro. Lo primero que se realizó fue lijar la base de la probeta, luego se colocaron los 10 puntos de referencia separados a 25 mm, seguidamente se situó el embolo perpendicularmente a la superficie de rebote, este se empujó hasta que impactó y se tomó la medida en el instrumento.

En definitiva, lo que se debe hacer es un trabajo en gabinete debido a que se necesita trabajar con el ábaco dado por el instrumento, de igual manera se requiere emplear el factor de corrección. En este caso, debido a que es una probeta cilíndrica el factor es de 0.81 Mpa [10].

2) *Resistencia a la compresión*: Este ensayo fue realizado teniendo en cuenta la norma NTP 339.034. Los materiales empleados fueron: la máquina de compresión y una regla. Lo primero que se realizó fue la medida del área en las caras de la probeta con la regla (diámetro, altura y verticalidad), después se midió el alabeo, seguido a ello se colocó la probeta en la máquina de compresión y se realizó la lectura de la carga máxima y la deformación unitaria. Es así como se halló la resistencia a la compresión del espécimen a través de la división de la carga máxima alcanzada en el ensayo, entre el área calculada inicialmente [9].

III. RESULTADOS

A. Propiedades de los agregados

TABLA 4
RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS A LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN EL CONCRETO

Ensayo	Propiedad	Resultado
Granulometría AF	M. finura	2.83
Granulometría AG	M. finura	7.54
	T.M	1"
	T.M.N	3/8"
Contenido de humedad	A.F	4.83%
	A.G	2.22%
Absorción	AF	5.55%
	AG	2.83%
Peso específico AF	PeM	2.72
	PeSSS	2.49
	PeA	2.36
Peso específico AG	PeM	2.64
	PeSSS	2.53
	PeA	2.46

Nota. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de realizar los ensayos tanto para el agregado fino como para el grueso. Los procedimientos están basados en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) descritas en la Tabla 2.

B. Diseños de la mezcla realizada

TABLA 5
DISEÑOS DE LA MEZCLA

Muestra	Cemento (Kg)	Agua (L)	Arena (Kg)	Piedra (Kg)	Maguey (Kg)
0%	21.48	10.26	46.73	30.79	0
2%	21.48	10.26	45.79	30.79	0.94
4%	21.48	10.26	44.86	30.79	1.87

Nota. En la tabla 5 se presenta las cantidades que se utilizaron para cada diseño de mezcla con las cuales se ha trabajado, utilizando los porcentajes planteados de fibra de maguey respecto a la cantidad de agregado fino que se tuvo.

C. Temperatura del concreto

TABLA 6
TEMPERATURA DEL CONCRETO FRESCO

Tiempo de ensayo	05 minutos
Muestra	Temperatura
Patrón Concreto con 0% de maguey	23.45 °C
Concreto con 2% de maguey	22.35 °C
Concreto con 4% de maguey	23.08 °C

Nota. En la tabla 6 las temperaturas alcanzadas en los 3 diseños realizados dieron como resultado una temperatura correcta.

D. Asentamiento del concreto

TABLA 7
ASENTAMIENTO DEL CONCRETO

Muestras	Asentamiento (pulg)	Medida en (cm)
Concreto con 0%	3.95	10.033
Concreto con 2%	3.2	8.128
Concreto con 4%	3.0	7.62

Nota. En la tabla 7 se evidencia la consistencia de cada probeta en estado fresco, verificando que mientras mayor es el porcentaje de la fibra de maguey el concreto se vuelve menos trabajable.

E. Resistencia a la compresión

TABLA 8
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN

N°	Carga	Deformación	Esfuerzo	Def. Unitaria
	Kg.f	mm	Kg/cm2	mm/mm
1	44909	0.505	271.96	0.0017
2	45736	0.450	276.97	0.0015
3	44228	0.365	267.84	0.00122
4	45203	0.405	273.74	0.0014
5	42995	0.405	260.37	0.0014
6	44583	0.445	269.99	0.0015
7	44012	0.403	266.53	0.0014
8	45523	0.465	275.68	0.0016
9	44923	0.385	272.05	0.0013
PROMEDIO			270.57	0.0014

Nota. En la tabla 8 se muestra todas las cargas de las 9 probetas patrón que se realizaron.

Esfuerzo y Deformación Probeta Patrón

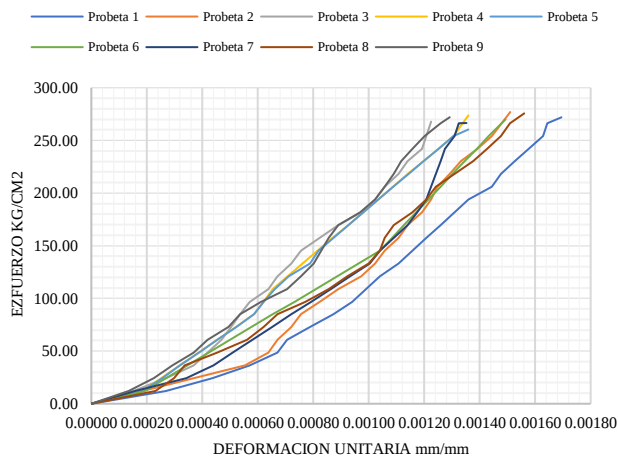


Fig. 1 Resultados Gráficos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas patrón, en la cual se verifica que todas sobrepasan los esfuerzos de 250 kg/cm² con un promedio de 270.57 kg/cm² y una deformación unitaria de 0.0014.

TABLA 9
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON 2 %

N°	Carga	Deformación	Esfuerzo	Def. Unitaria
	Kg.f	mm	Kg/cm2	mm/mm
1	27268	0.330	177.14	0.0011
2	24233	0.290	157.42	0.0010
3	24967	0.230	162.19	0.00076
4	30541	0.400	198.40	0.0013
5	24915	0.360	161.85	0.0012
6	31680	0.350	205.80	0.0012
7	26821	0.330	174.23	0.0011
8	26619	0.350	172.92	0.0012
9	28457	0.340	184.86	0.0011
PROMEDIO			177.20	0.0011

Nota. En la presente tabla se muestran todas las cargas de las 9 probetas con 2% de fibra de maguey que se realizaron.

Esfuerzo y Deformación Probeta 2%

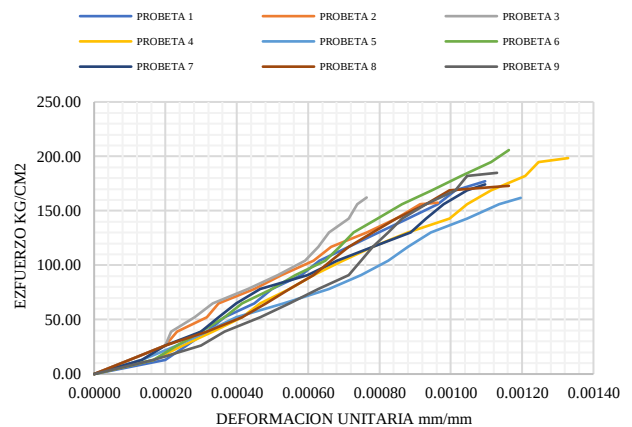


Fig. 2 Resultados Gráficos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas con el 2% de la fibra de maguey, en la cual se observa que ninguna cumple con la resistencia requerida, sin embargo, la variación es de 0.21 Mpa, obteniendo un promedio de 165.19 kg/cm² y una deformación unitaria de 0.0011.

TABLA 10
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON 4 %

N°	Carga	Deformación	Esfuerzo	Def. Unitaria
	Kg.f	mm	Kg/cm2	mm/mm
1	9012	0.360	54.58	0.00120
2	8272	0.300	52.23	0.0010
3	6985	0.250	42.30	0.0008
4	9142	0.350	54.61	0.0012
5	8557	0.290	54.03	0.0010
6	7234	0.240	45.04	0.0008
7	11265	0.370	70.14	0.0012
8	10129	0.360	62.19	0.0012
9	8935	0.320	56.42	0.0011
PROMEDIO			54.62	0.00106

Nota. En la tabla 10 se muestra todas las cargas de las 9 probetas con 4% de fibra de maguey que se realizaron.

Esfuerzo y Deformación Probetas 4% de Maguey

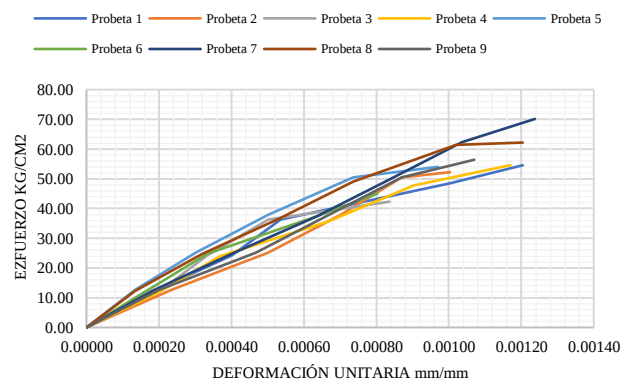


Fig. 3 Resultados Gráficos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión de las probetas con el 4% de la fibra de maguey, se observa que ninguna cumple con la resistencia requerida y se obtiene una muy baja por la mayor cantidad de fibra con un promedio de 54.62 kg/cm² y deformación unitaria de 0.00106.

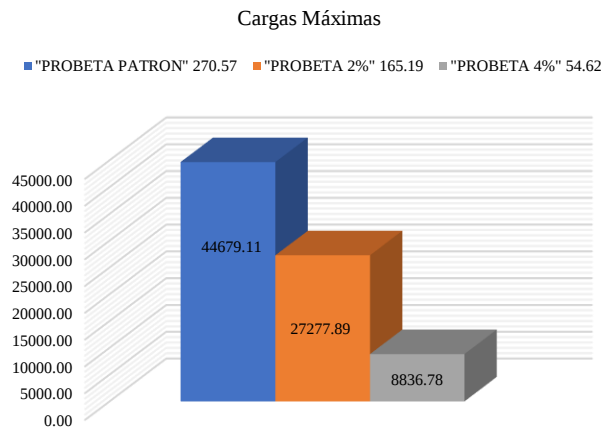


Fig. 4 En la figura observada se detallan las cargas máximas promedio de las probetas patrón, las cuales lograron la mayor carga de 44679.11 kg, la carga de 27277.89 kg con las probetas de 2% y con una carga muy baja de 8836.78 kg con las probetas de 4%.

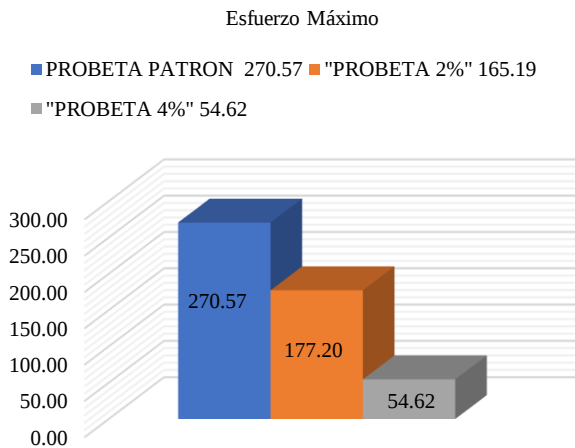


Fig. 5 En la figura se visualizan los promedios de los esfuerzos que se ha obtenido con cada diseño de mezcla, en los cuales la muestra patrón obtuvo 270.57 kg/cm², en las probetas de 2% se obtuvo 177.20 kg/cm² y en las probetas de 4% se alcanzó 54.62 kg/cm².

F. Esclerometría

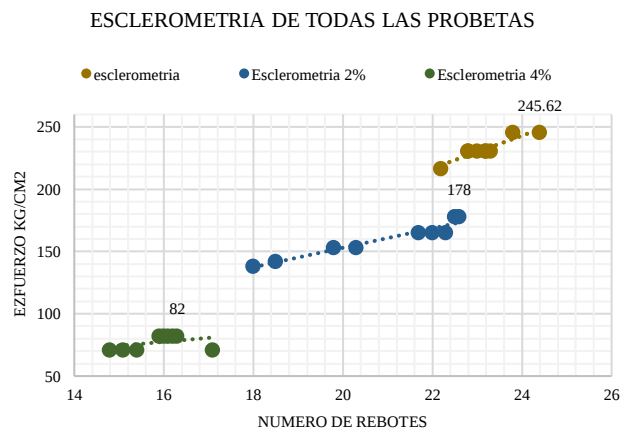


Fig. 6 Resultados de esclerometría realizados a las 27 probetas fueron promediadas y se visualizó el número de golpes y los esfuerzos que se lograron calcular visto que las probetas patrón tienen un fuerza mayor al diseñado, por lo contrario, las probetas de 2% y 4% no lograron alcanzar la resistencia, pero lograron generar una mayor resistencia a la que se realizó con la máquina de compresión.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la determinación de la influencia de la fibra de maguey en el asentamiento del concreto en estado fresco se ha comparado con un concreto convencional de $f'c$: 210 kg/cm² con un slump de 3.95, respecto a un concreto con fibra de maguey al 2% con 3.2" y al 4% con 3" de slump.

De acuerdo con los resultados se puede decir que, en las probetas adicionadas con fibra de maguey en 2% y 4% el asentamiento va disminuyendo, a lo que se refiere [16], esto influye en la trabajabilidad y la consistencia del concreto, siendo así que estas se encuentran dentro del rango denominado plástico, considerados como trabajables.

Estos resultados se contrastan con investigaciones similares como la de [17].

Para evaluar la influencia de la fibra de maguey en la temperatura del concreto en estado fresco también se realizó la comparación entre un concreto patrón de $f'c$: 210 kg/cm² 23.45°C, respecto a un concreto con fibra de maguey al 2% y 4%, teniendo como resultado que el concreto con adición de fibra de maguey presenta temperaturas normales de 22.35°C y 23.08°C respectivamente; ya que estas se encuentran dentro de lo considerado en la norma [18] en la que se menciona que, la temperatura mínima del concreto para los climas fríos son de 5°C y para climas cálidos se recomienda una temperatura máxima de 32°C; Por lo tanto, es posible mencionar que el concreto con la fibra de maguey puede ser utilizada tanto en climas fríos como cálidos.

Se ha evaluado la influencia de la fibra de maguey en la resistencia a la compresión del concreto, para lograr ello se ha comparado el comportamiento del concreto patrón de $f'c$: 210 kg/cm². Se obtuvo un esfuerzo máximo de 270.57 kg/cm² en dichas muestras con una deformación unitaria de 0.0014, las muestras con 2% de fibra obtuvo 177.20 kg/cm² con una deformación unitaria de 0.011 y las probetas de 4% alcanzaron los 54.62 kg/cm² con una deformación unitaria de 0.00106. En este sentido, los resultados adquiridos de las probetas patrón obtuvieron una carga máxima de 45523 kg/cm², en las probetas con fibra de maguey al 2% y al 4% se alcanzaron cargas de 31680 kg/cm² y 11265 kg/cm² respectivamente.

Según lo establecido por la Norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones [11]. Señala que, el promedio de tres de los ensayos consecutivos de compresión debe ser igual o mayor que los de la resistencia del diseño. Con los resultados obtenidos se deduce que el concreto convencional y el concreto con fibra de maguey al 2% presentan mayor resistencia de diseño (210 kg/cm²). Además, cumplen con otra de las premisas de la Norma E.060, la cual señala que ningún ensayo individual debe estar por debajo de la resistencia de diseño por más de 35 kg/cm². En relación con las probetas con 4%, se ha

descartado debido a que no cumple lo especificado en las normas; cabe mencionar que en la investigación de [19] también se obtuvieron resultados donde la resistencia a la compresión con adición de fibra de maguey se vio reducida respecto a las muestras de control, en donde una de las posibles causas es por la materia orgánica del jugo del maguey, ya que según [20] el pH varía entre 4 y 5 lo que disminuye la resistencia. Otra de las causas es que, al aumentar el porcentaje de fibras de maguey, la adherencia se ve reducida con la pasta de cemento y el agregado, debido a que no llega a todas las fibras causando que disminuya la resistencia a la compresión.

Asimismo, se ha evaluado la esclerometría del concreto, siendo así que, las probetas con adición de fibra de maguey al 2% presentaron una mayor cantidad de rebotes en el esclerómetro, por el contrario, el concreto con el 4% de fibras de maguey presentó una menor cantidad de rebotes. El concreto con 2% de fibra de maguey según [10] al tener mayor cantidad de rebotes, va a tener una mayor resistencia a la compresión.

V. CONCLUSIONES

1) *Resistencia a la compresión:* El concreto con 2% de fibra de maguey no alcanzó la resistencia del concreto patrón, pero puede ser considerado para aplicaciones de baja resistencia. El concreto con 4% de fibra mostró una resistencia significativamente menor, no siendo adecuado para aplicaciones estructurales.

2) *Trabajabilidad:* La incorporación de fibra de maguey reduce la trabajabilidad del concreto, evidenciado por un menor asentamiento conforme aumenta el porcentaje de fibra.

3) *Temperatura del concreto fresco:* Las temperaturas registradas en las mezclas con fibra de maguey se mantuvieron dentro de los rangos aceptables para climas cálidos y fríos, según la normativa.

4) *Esclerometría:* El concreto con 2% de fibra de maguey mostró mejor comportamiento en los ensayos de esclerometría, correlacionado con una mayor resistencia a la compresión en comparación con el concreto con 4% de fibra el cual fue menor y descartado para el uso.

5) *Deformación unitaria:* En este estudio, la deformación unitaria disminuye con la incorporación de fibras de maguey, lo que sugiere que estas fibras afectan la capacidad del concreto para deformarse de manera eficiente bajo carga. A medida que aumenta la cantidad de fibra, la adherencia entre las fibras y la matriz de concreto parece verse comprometida, lo que resulta en una menor resistencia y capacidad de deformación unitaria. Esto indica que, aunque las fibras de maguey mejoran ciertas propiedades del concreto, su exceso puede perjudicar la cohesión del material y su rendimiento estructural.

VI. RECOMENDACIONES

1) *Dosificación y mezclado:* Es crucial asegurar una mezcla y compactación adecuadas del concreto con fibras de maguey para evitar problemas de homogeneidad y asegurar una distribución uniforme de las fibras.

2) *Proporción de fibras:* Basado en los resultados, se recomienda usar hasta un 2% de fibra de maguey en aplicaciones donde se requiere una resistencia a la compresión adecuada. El 4% de fibra no es recomendable debido a la significativa reducción en la resistencia.

3) *Uso en construcciones de baja resistencia:* El concreto con 2% de fibra de maguey puede ser utilizado en construcciones de baja resistencia, tales como pavimentos peatonales, elementos no estructurales y acabados arquitectónicos donde la resistencia elevada no es crítica.

4) *Aditivos:* Para mejorar la trabajabilidad del concreto con fibras de maguey, se pueden utilizar aditivos plastificantes que faciliten el proceso de mezcla y colocación sin comprometer la resistencia final del material.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. D7357-07, Especificación estándar para fibras de celulosa para hormigón reforzado con fibra, 2019.
- [2] C. A. Juárez Alvarado, P. R. Rodríguez Lópe, R. Rivera Villarreal y M. d. I. Á. Rechy de Von Roth, «USO DE LAS FIBRAS NATURALES DE LECHUGUILLA COMO REFUERZO EN EL CONCRETO,» *Ciencia UANL*, vol. VI, n° 004, pp. 465-476, 2003.
- [3] J. Diaz Pillaca, «Caracterización funcional de la fibra de hojas del maguey (agave americana L.) obtenidas mediante proceso hidrotérmico y expansión por explosión destinados para la inclusión en alimentos,» Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Apurímac, 2013.
- [4] CAMPAÑA, Kleber O, REMACHE, Abel P y RE, María A, «Caracterización mecánica de fibras nuevas y centenarias de agave americana L.,» *REVISTA ESPACIOS*, vol. 41, n° 27, 2020.
- [5] ACI 211.1, Dosificación de muestras de hormigón.
- [6] NTP 400.012, Análisis granulométrico del agregado fino , grueso y global.
- [7] N. 400.021, Método de ensayo normalizado para la densidad , densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso..
- [8] NTP 400.022, Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado Fino.
- [9] NTP 339.034, CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
- [10] NTP 339.181, Método de ensayo para determinar el número de rebote del concreto endurecido (esclerometría).
- [11] N. E.060, «CONCRETO ARMADO,» 2019.

- [12] La Luna Mezcal, «Maguey, todo lo que debes saber sobre esta planta mexicana,» 2021.
- [13] NTP 339.184, Método para determinar la temperatura de mezclas de concreto.
- [14] NTP 339.035 , Método de ensayo para medición del asentamiento por cono de Abrams.
- [15] NTP 339.033, Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.
- [16] F. Abanto Castillo, Tecnología del concreto, San Marcos, 2009, p. 242.
- [17] S. R.-P. R. M. E. Herrera Lazarte, Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto en la Ciudad de Arequipa, Utilizando Fibras Naturales y Sintéticas, Aplicado para el Control de Fisuras por Retracción Plástica, Universidad Católica de Santa María.
- [18] n. N. d. C. (INACAL), NTP 339.114:2022 – Concreto premezclado – Requisitos., 2022.
- [19] J. Ochoa, Uso del licor de plantas agavaceas como aditivo en mortero, Universidad Politécnica de Valencia. , 2009.
- [20] L. Y. J. ZAPATA, EVALUACIÓN DEL JUGO DE FIQUE COMO ADITIVO OCLUSOR, BibTeX, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA , 2009.
- [21] NTP 339.185, Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- [22] ASTM D7357-07, Especificación estándar para fibras de celulosa para hormigón reforzado con fibra, 2019.
- [23] NTP 339.035, Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto.