

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE SUELO-CEMENTO FLUIDO EN
CONDICIONES SATURADAS Y NO SATURADAS PARA LA CENIZA
VOLCÁNICA DEL VOLCÁN DE PARICUTIN CON PORCENTAJES DE
CEMENTO DEL 5% AL 40% Y PORCENTAJES DEL ADITIVO MAXEh
0.1% Y 0.3%”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**



PRESENTA:

NORMA NAYELI ALVAREZ PÁEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M.I. FELIPE DE JESÚS JERONIMO RODRIGUEZ

MORELIA MICHOACAN, MARZO DEL 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres, porque antes de partir me transmitieron las enseñanzas necesarias para superar cualquier obstáculo que tuviera en la vida.

Gracias a mi hijo Guillermo por ser la fuente de mi esfuerzo.

A mi hermana Daniela por su comprensión y apoyo moral durante la realización de este trabajo, gracias por creer en mí.

A tino, gracias por motivarme a obtener el título de ingeniero civil.

A Marco A. Baltazar por demostrarme tu cariño, me ayudaste hasta donde te era posible, incluso más que eso.

Agradezco a mi Director de Tesis, que gracias a sus enseñanzas, paciencia y correcciones hoy puedo culminar este proyecto.

Contenido

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1- INTRODUCCIÓN	3
1.1- OBJETIVO	4
1.1.1- OBJETIVO GENERAL	4
1.1.2- OBJETIVOS PARTICULAR	4
1.2- ANTECEDENTES	5
1.2.1- ANTECEDENTES GENERALES	5
1.2.2- ANTECEDENTES PARTICULES	6
1.3- JUSTIFICACIÓN	7
1.4- HIPÓTESIS	7
1.5.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA	8
2.- MARCO TEÓRICO	10
2.1.- SUELOS	10
2.1.1.- SUELOS FINOS	11
2.1.2.- SUELOS GRUESOS	11
2.2.- SUELO-CEMENTO	11
2.3.- SUELO-CEMENTO FLUIDO	12
2.4.- CENIZA VOLCÁNICA	13
2.5.- CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	14
2.6.- LÍMITES DE PLASTICIDAD	14
2.7.- ADITIVO MAXEh	15
3.- PROCEDIMIENTO Y ENSAYES DE LABORATORIO	16
3.1.- MUESTREO DEL MATERIAL	16
3.2.- DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS	17
3.3.- DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTRACCIÓN LINEAL	23
3.3.1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO	26
3.3.2.- DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO	27
3.3.3.- DETERMINACIÓN DE LA CONTRACCIÓN LINEAL	28

3.4.- DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA O PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS.....	30
3.5.- GRANULOMETRÍA FINA POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO.	35
3.6.- PRUEBA DE COMPACTACIÓN PORTER ESTÁNDAR.....	44
3.7.- VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR (VRS)	51
3.8.-DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (PVSS) 58	
3.9.- CÁLCULO PARA LA ELABORACIÓN DE ESPECIMENES	62
3.9.1.- Procedimiento de cálculo con 0.1 % de aditivo MAXEh.	62
3.9.2.- Procedimiento de cálculo con 0.3 % de aditivo MAXEh	66
3.10.- ELABORACIÓN DE ESPECIMENES	67
3.10.1.- PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE ESPECIMENES DE SUELO-CEMENTO.....	69
3.10.2.- PRUEBA DE REVENIMIENTO.....	75
3.10.3.- PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ESPECÍMENES DE SUELO-CEMENTO FLUIDO	77
3.10.4.- PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR (VRS)	79
4.- ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESULTADOS	81
4.1.- Tablas, gráficas y resultados de los proporcionamientos para especímenes en condiciones saturadas y no saturadas con 0.1% de aditivo MAXEh.....	81
4.1.1.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 5% DE CEMENTO Y 94.9 % DE SUELO.	82
4.1.2.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXE-h, 10% CEMENTO Y 89.9% SUELO	88
4.1.3.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 15% CEMENTO Y 84.9% SUELO	94
4.1.4.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 20% CEMENTO Y 79.9 % DE SUELO	100
4.1.5.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 30% CEMENTO Y 69.9% SUELO.....	106
4.1.6.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1%MAXEh, 40% CEMENTO Y 59.9% SUELO.	112
4.2.- Tablas, gráficas y resultados de los proporcionamientos para especímenes en condiciones saturadas y no saturadas con 0.3% de aditivo MAXEh.....	118

4.2.1.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 5% CEMENTO Y 94.7% SUELO.....	118
4.2.2.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 10% CEMENTO Y 89.7% SUELO.....	125
4.2.3.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 15% CEMENTO Y 84.7% SUELO.....	131
4.2.4.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 20% CEMENTO Y 79.7% SUELO.....	137
4.2.5.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 30% CEMENTO Y 69.7% SUELO.....	143
4.2.6.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 40% CEMENTO Y 59.7 % SUELO.....	149
4.3.- RESUMEN DE RESULTADOS DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE	155
4.4.- RESUMEN GRÁFICO DE PESOS VOLUMETRICOS	158
4.5.- ANÁLISIS DEL COSTO DE 1 M ³ DE SUELO-CEMENTO FLUIDO.....	160
5. CONCLUSIONES	161
6. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	163
6.1.- BIBLIOGRAFÍA	163
6.2.- ÍNDICE DE TABLAS	165
6.3.- ÍNDICE DE IMÁGENES.....	169

RESUMEN

El suelo-cemento fluido es un material de origen cementoso, homogéneo que en estado fresco fluye como si fuera un líquido, sin segregarse ni exudar, transformándose una vez endurecido en una estructura estable que soporta cargas como si fuera un sólido; presentando propiedades de un suelo mejorado, cuyas características mecánicas y volumétricas son estables con el tiempo.

En cuanto a la compactación por medio de vibrado u otros métodos, no es necesaria puesto que se realiza por el propio peso del material.

En el presente trabajo se exponen los resultados de las propiedades índice; el valor relativo de soporte (VRS) de la ceniza volcánica del volcán Parícutín; se describen los resultados de la prueba a compresión y el valor relativo de soporte de las combinaciones de cemento con el aditivo MAXEh. Se realiza el análisis de costo-beneficio del porcentaje óptimo y se compara con el costo de una mezcla de concreto común.

Palabras clave: suelo, cemento, ceniza volcánica, aditivo y compresión.

ABSTRACT

The fluid cement-ground is a material of homogeneous cementitious origin that flows in a fresh state as if it were a liquid, without segregating or exuding, transforming once hardened into a stable structure that supports loads as if it were a solid; presenting properties of an improved soil, whose mechanical and volumetric characteristics are stable over time.

As for the compaction by means of vibration or other methods, it is not necessary since it is carried out by the own weight of the material.

In the present work the results of the index properties are exposed; the relative support value (VRS) of volcanic ash from the Paricutín volcano; the results of the compression test and the relative support value of the cement combinations with the MAXEh additive are described. The cost-benefit analysis of the optimal percentage is performed and compared with the cost of a common concrete mixture.

Word Keys: ground, cement, volcanic ash, additive and compression.

1- INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico de un país está fuertemente vinculado con el desarrollo de materiales que pueda generar y los usos en infraestructura que pueda desarrollar. México es de los pocos países en el mundo en donde su orografía está relacionada en todos los temas relativos al desarrollo del país, puesto que posee un gran número de sierras, cordilleras, montañas, volcanes, montes y colinas que lo cruzan.

En México existe actividad volcánica, en la que ciertos volcanes siguen activos, mientras que otros se encuentran en estado de inactividad por el momento. El volcán Paricutín se encuentra dentro de los 12 volcanes con la más reciente actividad volcánica y es el más joven en el mundo, por lo que lo hace un gran atractivo para el turismo. El Paricutín está situado en el estado de Michoacán, entre el expoblado de San Juan Parangaricutiro y el poblado de Angahuan.

San Juan Parangaricutiro al ser un lugar circundante al volcán Paricutín, posee un abundante suelo color negro, el cual no tiene ningún uso que favorezca al desarrollo económico-social al ser una zona de potencial turístico; y con ello se pueda aprovechar buena parte del suelo; sin dejar atrás la aportación a disminuir la contaminación y seguir innovando en la búsqueda de opciones más ecológicas para la construcción.

En ese sentido, en este trabajo se presenta un estudio para potenciar el uso del material *in situ* para la construcción de las vías terrestres o ver la posibilidad de usarlo en otras obras civiles. Como antecedente tenemos que, el tratamiento del suelo-cemento fluido ha sido considerado en las notas históricas de la ingeniería como una aportación importante al desarrollo tecnológico, principalmente porque permite ampliar de manera considerable la utilización de casi todos los suelos como materiales de construcción. En la construcción de muros y pisos ha sido usado extensamente en todas las regiones del país, usando casi exclusivamente suelos predominantemente arenosos, por lo que se presenta un estudio de combinaciones de materiales para ver su comportamiento.

1.1- OBJETIVO

1.1.1- OBJETIVO GENERAL

Estudiar combinaciones de mezclas de suelo-cemento fluido, para encontrar las cantidades óptimas de cemento, agua y aditivo MAXEh que en combinación con el material (suelo) alcance la carga de proyecto para el desarrollo de la región.

1.1.2- OBJETIVOS PARTICULAR

- Conocer las propiedades índice y la calidad de suelo.
- Realizar mezclas de suelo-cemento fluido con diferentes porcentajes de cemento (5%,10%,15%,20%,30% y 40%) y aditivo MAXEh (0.1% y 0.3%) de los cuales se fabricaran cilindros que deberán ser probados a diferentes edades; 3,7, 14 y 28 días.
- De la mezcla de suelo-cemento fluido realizada, elaborar especímenes para la prueba de Valor Relativo de Soporte (VRS), saturados a 3 días y 28 días.
- Encontrar la cantidad de agua necesaria para la que la prueba de revenimiento se encuentre en el rango de 8 cm y 14 cm.
- Elegir el proporcionamiento que alcance la compresión mínima de 25 kgf/cm² (2.45MPa) en los 28 días de los cilindros, y la prueba del Valor Relativo de Soporte Estándar (VRS), a los 3 y 28 días.
- Elaborar un documento en el cual se consignen los resultados de las pruebas realizadas y el análisis de los mismos, al igual los aspectos como la metodología y marco teórico utilizados para la realización de dichas pruebas.

1.2- ANTECEDENTES

1.2.1- ANTECEDENTES GENERALES

Se considera que el suelo es un material esencial de construcción; ya que sus usos son tan variados como la cantidad de infraestructura que se pueda llegar a realizar. La aplicación del suelo-cemento empezó a estudiarse en forma metódica y científica en los años de 1910 a 1920, sin embargo, existen muchos antecedentes en la literatura que muestran que su utilización en pisos y muros comenzó desde mucho antes.

Parece ser que la utilización del suelo-cemento en forma científica, esto es con metodología y técnicas apropiadas, se originó casi simultánea e independientemente en los E.U.A. e Inglaterra.

En Filadelfia, E.U.A., Joseph Hay Amies, el 24 de febrero de 1914, adquirió la patente llamada Soilamies e incremento el uso del suelo cemento. Además, posteriormente Amies presento otras dos patentes del mismo tipo en 1914 y 1915.

En Inglaterra, en el año de 1917, el Ing. H. E. BrookeBradley aplicó exitosamente una mezcla de cemento con suelos arcillosos en la construcción de unas carreteras en el Condado de Wiltshire.

En el año de 1932, el Departamento de Caminos Estatales de Carolina del Sur, E.U.A creó laboratorios para la investigación del suelo-cemento e impulsó científicamente su estudio. Ya con sólidas bases en 1935, se hizo la primera construcción supervisada de suelo-cemento con técnica moderna, cerca de Johnsonville, South Carolina. A partir de entonces se tuvo la certeza de la factibilidad técnica y económica de su construcción masiva con éxito. Desde esta fecha el departamento anterior, junto con otros departamentos estatales de los EUA, la Portland Cement Association, la Highway Research Board y la Transport Research Board, se han distinguido como sus activos divulgadores y promotores de investigación, tanto en los E.U.A. como en otros países.

Resulta interesante conocer el hecho que finalmente lo impulsó y fue que durante la segunda guerra mundial las fuerzas militares alemanas utilizaron eficientemente el suelo-cemento para una muy rápida construcción de 130 aeropuertos en Europa, que funcionarían en condiciones muy difíciles ya que buen número de éstos estaban situados en la U.R.R.S. y otros en la Europa Central donde ocurren condiciones climatológicas sumamente severas de congelación en el invierno.

Parece ser que la principal razón por la que se recurrió al uso del cemento fue por la escasez de asfaltos que siempre ha existido en la Europa Central. Un tiempo después de pasada la guerra no dejó de admirar a los ingenieros el sorprendente buen estado que guardaban las pistas a pesar del uso constante y de los intensos bombardeos a que fueron sometidas, por lo que se consideró muy conveniente seguir aprovechando, pero ahora casi exclusivamente para la construcción de obras civiles. Por haber probado su bondad en condiciones tan adversas después de pasada la segunda guerra mundial se le utilizó en forma masiva para la construcción de modernas aeropistas y carreteras en Alemania y en las Naciones más desarrolladas.

Actualmente se le han encontrado toda una serie de nuevos usos en las obras hidráulicas, como son las protecciones de costas marítimas y márgenes de ríos, así como en las cimentaciones de ciertas estructuras y la construcción de silos enterrados, muros de contención, muros pantalla, etc., por lo que es de esperarse que su utilidad y aprovechamiento se incremente todavía más.

1.2.2- ANTECEDENTES PARTICULES

Debido a las múltiples ventajas que tienen los suelos tratados con cemento, diversos países lo aplican de forma casi generalizada. Por ejemplo, en El Salvador, el 95% de los caminos rurales pavimentados tiene base de suelo-cemento y en los últimos 10 años, el 100% de nuevas vías urbanas e interurbanas y pisos industriales tienen bases de suelo-cemento.

En México, el suelo-cemento ha sido muy poco utilizado en las vías terrestres, aeropuertos y campos donde ya ha demostrado ampliamente sus posibilidades, a pesar de que existen condiciones muy favorables para su uso en gran escala. Por otra parte, en la construcción de muros y pisos ha sido usado extensamente en todas las regiones del país, usando casi exclusivamente suelos predominantemente arenosos.

1.3- JUSTIFICACIÓN

En teoría cualquier suelo puede estabilizarse con cemento, a excepción de los suelos con bastante contenido tanto de sales (Lavalle,2013).

Por lo que prácticamente no se tiene una limitante para la fabricación de un suelo-cemento fluido.

Con el presente trabajo de investigación se pretende conocer las características mecánicas para el aprovechamiento de la ceniza volcánica como material de construcción en el pueblo de San Juan Parangaricutiro.

1.4- HIPÓTESIS

La población de nuevo San Juan Parangaricutiro es una localidad purépecha con potencial turístico; uno de los problemas para desarrollar ese potencial es la falta de infraestructura en la zona. El suelo predominante en la zona es una arena de origen volcánico de color negro, la cual no tiene ningún uso aparente para la población. Por lo que se pretende investigar las características mecánicas del material, y que la población pueda llevar a cabo construcciones de calidad a base de suelo-cemento fluido.

1.5.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA

MACROLOCALIZACIÓN

Michoacán colinda al norte con el estado de Jalisco, Guanajuato y Querétaro; al este con Querétaro, México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.



Imagen1. Ubicación de Michoacán en México.

Referencia: <http://mr.travelbymexico.com/imgBase/2012/04/michoacan.jpg>

MICROLOCALIZACIÓN

El mapa de México señala que el municipio de Nuevo Parangaricutiro se localiza al oeste del estado de Michoacán, presentando una distancia de 135 kilómetros a la capital del estado.

El municipio de Nuevo Parangaricutiro colinda al norte con Uruapan, al sur con Parácuaro y Zamora y al oeste con los municipios de Peribán y Tacántaro.



Imagen 2 Ubicación geográfica del municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro. **Referencia:** Google Earth, 2018



Imagen 3.- Ubicación geográfica de la extracción del material. **Referencia:** Google Earth, 2018.

2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- SUELOS

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en los suelos pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, si bien pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.) (Juárez & Rodríguez, 2005).

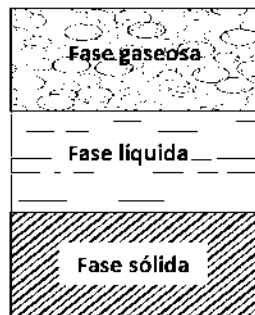


Imagen 4.- Esquema de una muestra de suelo. Referencia: Juárez Badillo, 2005.

Los suelos para su estabilización pueden considerarse en los grupos siguientes:

- Granulares limpios
- Granulares con cantidades apreciables de finos
- Mezclas de finos y granulares
- Suelos predominantemente arcillosos
- Suelos predominantemente limosos

Los tres primeros son los que casi exclusivamente se utilizan para suelo-cemento y los dos últimos se procuran desechar.

2.1.1.- SUELOS FINOS

De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz No. 200 es considerado como suelo fino.

Cuando se mezclan con cemento y agua se producen durante el período de hidratación, unas fuertes uniones entre dichas partículas minerales para formar una microestructura en forma de un panal de abejas.

2.1.2.- SUELOS GRUESOS

Estos suelos están constituidos de partículas con textura granular, tienen un tamaño comprendido entre 75 y 0.075 mm, que corresponden al tamaño de la grava y arena.

Son poco solubles en el agua y por lo tanto al añadirle pasta de cemento no se logra una integración estructural íntima que transforma dicho suelo como en el caso de los suelos finos. En los suelos gruesos la pasta de cemento forma puentes de unión entre las partículas dejando oquedades irregulares entre ellas.

2.2.- SUELO-CEMENTO

La Portland Cement Association propone la definición siguiente:

El suelo-cemento es una mezcla íntima de suelo, convenientemente pulverizado, con determinadas porciones de agua y cemento que se compacta y cura para obtener mayor densidad. Cuando el cemento se hidrata la mezcla se transforma en un material duro, durable y rígido. Se usa principalmente como base en los pavimentos de carreteras, calles y aeropuertos.

El Grupo Holandés de Trabajo lo define así:

El suelo-cemento y también el suelo estabilizado con cemento son una mezcla homogénea de suelo con cemento y agua que se compacta adecuadamente. El suelo tratado endurece por la reacción del cemento y el agua, por lo que mejora sus propiedades ingenieriles, lo cual favorece su uso en la construcción de carreteras.

2.3.- SUELO-CEMENTO FLUIDO

El suelo cemento fluido es un material de origen cementoso, homogéneo que en estado fresco fluye como si fuera un líquido, sin segregar ni exudar, transformándose una vez endurecido en una estructura estable que soporta cargas como si fuera un sólido; presentando propiedades de un suelo mejorado, cuyas características mecánicas y volumétricas son estables con el tiempo.

En cuanto a la compactación por medio de vibrado u otros métodos, no es necesaria puesto que se realiza por el propio peso del material.

Su composición es principalmente por un agregado fino, que mediante una relación agua-cemento determinada, da a la mezcla la característica de fluidez y en algunos casos se le integra aditivo para perfeccionar su manejabilidad y conservar o establecer la fluidez que se requiera. Su estructura celular permite que pueda ser empleado sin ningún problema de segregación. La selección de los materiales está regida principalmente por la disponibilidad, costo, tipo de aplicación y características deseables como fluidez, resistencia, densidad y facilidad para la excavación.

Las principales características que presenta el suelo cemento en estado fresco o fluido son las siguientes:

- La fluidez que presenta permite una fácil colocación sin requerimientos de vibrado y compactación.
- Exhibe gran trabajabilidad.

- Es prácticamente auto-nivelante, lo que reduce los costos de mano de obra y alquiler de maquinaria.
- Presenta auto-compactación.
- No presenta limitaciones en cuanto al espesor de relleno.
- Mantiene gran capacidad de desplazamiento longitudinal.
- No produce vacíos durante su puesta en obra.
- Accede a todos los vacíos de una excavación en forma homogénea, ya que no produce vacíos, por lo cual no pierde volumen.
- Comportamiento en estado fresco similar al de un concreto.
- Se transporta en camión mezclador.

Para tomar una decisión adecuada debe hacerse un análisis costo beneficio considerando las ventajas del relleno fluido y con base en ello tomar la mejor decisión.

2.4.- CENIZA VOLCÁNICA

La ceniza volcánica está formada por partículas producidas por la fragmentación de las rocas durante las erupciones y tienen un tamaño menor a 2mm. Esta ceniza suele estar caliente en las inmediaciones del volcán, pero se enfría cuando cae a mayor distancia.

Su color va de un tono gris claro hasta el negro, y pueden variar en tamaño: desde ser como arenilla hasta ser tan finas como los polvos de talco. (CENAPRED, 2016)

2.5.- CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

El rango granulométrico del suelo en porcentaje (%) que pasa, expresado en la Tabla 1 garantiza las buenas propiedades del suelo-cemento fluido y es el siguiente:

Tabla 1.- Distribución granulométrica de suelos aptos para diseño de mezclas de suelo cemento fluido.

Tamiz	% que pasa
3 plg.	100
No.4	50 - 100
No.40	15 - 100
No.200	10 - 50

2.6.- LÍMITES DE PLASTICIDAD

Los tres estados de la materia que se identifican son: el sólido, el líquido y el gaseoso.

El estado sólido se identifica por su permeabilidad, el líquido y el gaseoso se reconocen porque son estados fluidos. Sin embargo, existe un cuarto estado conocido como estado plástico, caracterizado porque a la materia se le puede dar la forma que uno quiera, esto es que puede ser moldeada (Manual de Mecánica de Suelos, 2008)

Límite líquido: Por ciento de contenido de agua en que el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. En otras palabras el límite líquido refleja el punto (% de contenido de agua) en que el suelo comienza a fluir como un líquido.

Límite plástico: Por ciento de contenido de agua en que el suelo pasa de un estado rígido (elástico) a un estado plástico.

A la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico se le conoce como índice plástico.

2.7.- ADITIVO MAXEh

Es uno de los aditivos que se ha estado aplicando en obras que emplean la mezcla de suelo cemento fluido, es el aditivo MAXEh, en proporción tal que la mezcla obtenga su característica más notoria, la alta fluidez, y algunas otras como el aligeramiento y estabilidad de volumen.

MAXEh es un aditivo que al mezclarse con suelos inorgánicos areno-limosos, cemento y agua produce un material de construcción similar al concreto. Además por ser un material de menor densidad es mucho más térmico que el concreto. El tradicional protocolo de pruebas de concreto no aplica en su totalidad con las características y modelo de prueba de las muestras adicionales con el aditivo MAXEh. Las principales diferencias se refieren a las características del agregado y a la forma en que el aditivo MAXEh deben ser tratadas de manera diferente a las mezclas de concreto, tanto en el diseño y aplicación como en las pruebas tradicionales aplicables al concreto.

Ha sido utilizado en diversas aplicaciones como: muros de contención, plataformas, losas de cimentación, estacionamientos, camino y secciones de puentes. Además debido a sus propiedades térmicas y no necesitar acabado también se ha utilizado en viviendas coladas en sitio, viviendas construidas con elementos prefabricados como tabiques y otros elementos decorativos.

3.- PROCEDIMIENTO Y ENSAYES DE LABORATORIO

3.1.- MUESTREO DEL MATERIAL

Previamente se debe de remover la capa superficial intemperizada y posteriormente tomar la cantidad de muestra requerida para realizar las pruebas correspondientes de laboratorio, y conocer las características y propiedades del material para determinar si es apto o no, para la elaboración del suelo-cemento fluido.

La extracción del material se hizo a un costado del camino que dirige hacia el viejo san Juan Parangaricutiro, aproximadamente a un km se encuentra el templo destruido por lava del volcán Paricutín.



Imagen 5.- Extracción del material.

Las muestras se tomaron al azar en el terreno, ya que el área presenta características similares en toda su extensión. El material fue colocado en costales y trasladado al laboratorio de mecánica de suelos en el departamento de materiales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo para su posterior análisis.

3.2.- DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS

OBJETIVO

El objetivo de esta prueba consiste en separar por tamaños las partículas de suelo pasando a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y pesar las proporciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total.

EQUIPO

- Un juego de mallas no. 4, 10, 20, 40, 60, 100, y 200; incluyendo tapa y fondo.
- Vaso de aluminio de 1 litro.
- Charola de lámina.
- Cucharón.
- Cepillo de cerdas.
- Cepillo de cerdas de alambre delgado.
- Báscula de 600 gr. y 0.1 gr de aproximación.
- Desecador de cristal.
- Horno de termostato para mantener la temperatura constante de $105 \pm 5^\circ \text{C}$.

PROCEDIMIENTO

1. Se toma una muestra representativa, obtenida mediante el cuarteo, de la ceniza volcánica previamente secado al sol.



Imagen 6.- Secado al sol de la ceniza volcánica.

2. Se realiza el cribado de la muestra de 15 kg antes mencionada a través de la malla N°4 para verificar si el total del material pasa dicha malla, o si existe algún porcentaje retenido; para este caso pasó el 100% de la ceniza volcánica
3. De la muestra cribada por la malla N°4 se realiza un nuevo cuarteo de la ceniza volcánica y se toman aproximadamente 300 gr de material, posteriormente es secado en horno a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Este paso es para secar completamente el material, en este caso se realizó en la estufa cuando para agilizar la prueba.



Imagen 7.- Secado en la estufa de la ceniza volcánica.

- De la muestra secada en horno o en estufa, se toman 200 gr de material seco y se le agrega 500 cm³, se deja en reposo durante 24 horas.



Imagen 8.- Saturación de la ceniza volcánica.

- Posteriormente se realiza el lavado del material por la malla N° 200, moviendo el material saturado con la varilla metálica en forma de ocho durante 15 segundos para provocar que se desprenda del fondo, inmediatamente se hace la decantación sobre la malla N° 200 y se aplica un chorro constante de agua a baja presión hasta que esta salga clara y disgregando los terrones aplicando una suave presión con los dedos.



Imagen 9.- Forma de decantar la suspensión a través de la malla N°200.

- A continuación se regresa al vaso metálico el material que se haya retenido en la malla N°.200, para ser secado nuevamente en el horno a una temperatura de constante de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en un lapso de 24 horas,

transcurrido el tiempo, se saca del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente.

7. Se realiza el cribado colocando las mallas en orden decreciente de la N°4, 10, 20, 40, 60, 100, 200 y charola, Se aplica el movimiento al juego de mallas, durante un tiempo de 10 min.



Imagen 10.- Colocación de las mallas para efectuar el cribado del material.

8. Se procede a pesar el material retenido en cada una de las mallas con aproximación al décimo de gramo, anotando los pesos en el registro correspondiente. Para lo cual se invertirán las mallas con todo cuidado y utilizando cepillo de alambre se limpiarán las mallas 4, 10, 20 y 40 para desalojar el material que se encuentra entre los espacios de la malla, mientras que las mallas, 60, 100 y 200 se limpiarán con cepillo de cerdas.



Imagen 11.- Material cribado.

CÁLCULOS

POR CIENTO RETENIDO PARCIAL

$$\text{Por ciento reten. parcial} = \frac{\text{Peso suelo retenido} * 100}{200}$$

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos en la prueba con su gráfica correspondiente

Tabla 2.- Resultados de la granulometría.

Malla No.	Abertura	Peso Suelo retenido	Por ciento reten. Parcial	Por ciento que pasa
	mm	g	%	%
4	4.760	0.00	0.00	100.00
10	2.000	1.30	0.65	99.35
20	0.840	12.30	6.15	93.20
40	0.420	37.70	18.85	74.35
60	0.250	43.80	21.90	52.45
100	0.149	38.40	19.20	33.25
200	0.075	35.80	17.90	15.35
PASA NO. 200		30.70	15.35	0.00
SUMA		200.00	100.00	

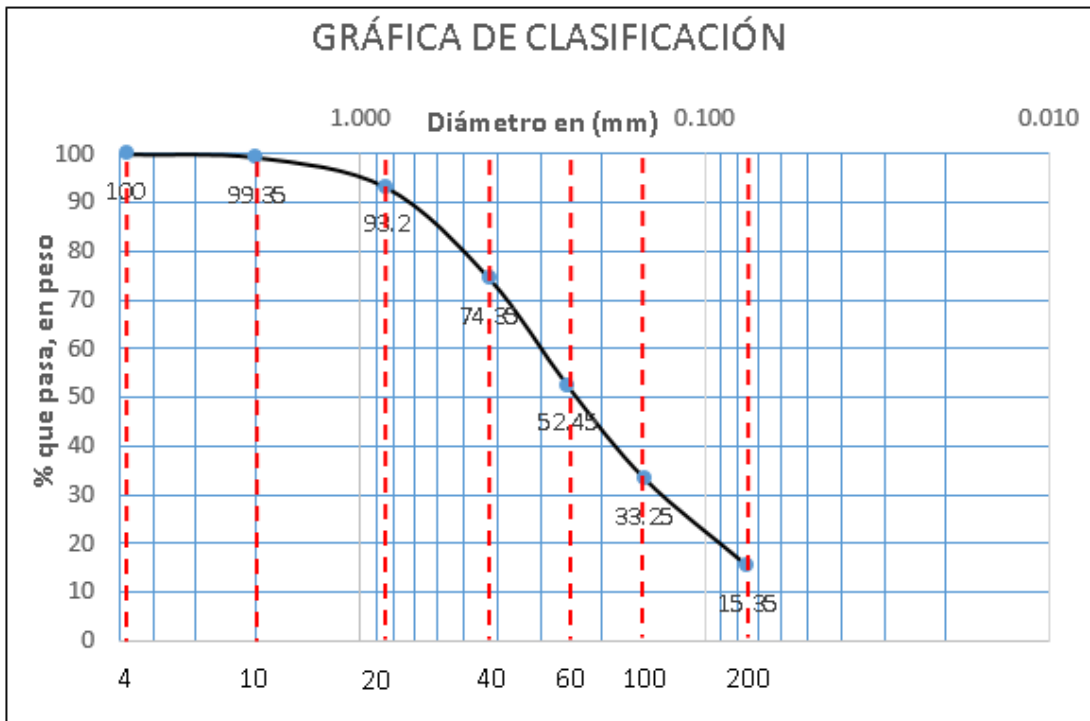


Imagen 12.- Curva granulométrica de clasificación del material en estudio.

En base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); si en la malla No.200 se retiene un porcentaje mayor al 50 % se tiene un suelo grueso, los suelos gruesos se dividen en arenas y gravas; si en la malla No.4 pasa un porcentaje mayor al 50 % de suelo, se clasifica como arena.

De acuerdo con los resultados en la tabla, el 100 % pasa la malla No.4, es decir, que la ceniza volcánica se clasifica de acuerdo al (SUCS) en arena.

Sin embargo, no se puede determinar el coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de curvatura (C_c) por contener más del 14 % de finos. De tal manera que se deben de conocer las características de plasticidad del material fino con ayuda de la carta de plasticidad (S.U.C.S) para realizar la clasificación completa del material.

3.3.- DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA Y CONTRACCIÓN LINEAL

Límites de consistencia: límite líquido (LL), límite plástico (LP) y límite de contracción (LC).

En la determinación del límite líquido se realizará por el método estándar. Este método permite determinar el límite líquido de manera gráfica mediante la curva de fluidez, la que se obtiene uniendo los puntos que representan los contenidos de agua correspondientes a diferentes números de golpes, para los cuales la ranura se cierra en la longitud especificada (13mm).

OBJETIVO

Conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla Nº 0 .425 (Nº 40), cuyos resultados se utilizan principalmente en clasificación de los suelos.

EQUIPO

- Copa de Casagrande con las características que se indican en la norma M-MMP-1-07/07
- Cápsula de porcelana de 12 cm de diámetro.
- Espátula de hoja de acero flexible de 7.5 cm de longitud y de 2 cm de ancho, con punta redonda.
- Cuenta gotas.
- Vidrio de reloj.
- Balanza de 200 gr de capacidad y 0.01 gr de aproximación.
- Horno de termostato que mantenga una temperatura constante de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Paño absorbente

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se necesitan 250 gr. de material previamente cribado por la malla N° 0.425 (N° 40)
La muestra se coloca en la cápsula de porcelana, se le agrega agua para saturar el material y se deja en reposo durante 24 horas, en un lugar fresco, cubriendo con el paño absorbente a fin de reducir al mínimo las pérdidas de agua por evaporación.



Imagen 13.- Cribado y saturación del material.

PROCEDIMIENTO

1. Se procede a homogenizar la humedad con la espátula, del material preparado de acuerdo a lo anterior.
2. Posteriormente se coloca en la copa de Casagrande, previamente calibrada, una cantidad suficiente de material para que una vez extendido con la espátula se tenga un espesor de 8 a 10 milímetros en la parte central de la muestra colocada. Para extender el material se procede del centro hacia los lados, sin aplicar una presión excesiva y con un número mínimo de pasadas de la espátula.



Imagen 14.- Colocación del material en la copa de casa grande

3. Se efectúa una ranura en la parte central del material que contiene la copa de Casagrande, con una pasada firme del ranurador, manteniéndolo siempre normal a la superficie de la copa, de manera que éste toque el fondo de la copa.



Imagen 15.- Forma de ranurar el material.

4. Se acciona la manivela del aparato para hacer caer la copa, a razón de 2 golpes por segundo y se registra el número de golpes cuando el borde inferior de la ranura se ponga en contacto en una longitud de 13 mm.
5. La cantidad de agua agregada al material deberá ser en tal forma que las cuatro determinaciones efectuadas, quedan comprendidas entre 10 y 35 golpes, siendo necesario obtener 2 valores arriba y 2 debajo de 25 golpes. Para consistencias menores de 10 golpes es difícil identificar el momento

de cierre de la ranura en la longitud especificada, por otra parte y para más de 35 golpes, se dificulta la ejecución de la prueba.

En esta prueba de las cuatro determinaciones efectuadas, se registraron valores menores a 10 golpes por lo que la prueba fue **INAPRECIABLE**.

3.3.1.- DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO

El límite plástico en el suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa la malla N° 40, para que se puedan formar con ella cilindros de 3 mm sin que se rompan o se desmoronen.

EQUIPO

- Cápsula de porcelana de 12 cm de diámetro.
- Espátula de hoja de acero flexible de 7.5 cm de longitud y de 2 cm de ancho, con punta redondeada.
- Placa de vidrio aprox. de 40 cm de lado y 0.6 cm de espesor.
- Balanza de 200 gr y 0.01 gr de aproximación
- Horno con termostato que mantenga una temperatura constante de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$

PROCEDIMIENTO

1. Se toma una muestra del material preparado de acuerdo con la prueba de límite líquido.
2. Se moldea el material con los dedos para que pierda la humedad, se forma un cilindro manipulándolo sobre la palma de la mano, aplicando la presión necesaria para lograr tal fin.



Imagen 16.- Manipulación del material para formar rollitos.

3. A continuación, se rola con los dedos de la mano sobre la placa de vidrio, dando la presión necesaria para lograr un cilindro ligeramente mayor de 3 mm uniforme en toda su longitud. La velocidad de rodado deberá ser de 60 a 80 ciclos por minuto.
4. Se debe lograr que el cilindro se rompa en varios segmentos precisamente en el momento de alcanzar el diámetro de 3 mm.

Si al alcanzar dicho diámetro el cilindro no se rompe en varias secciones simultáneamente, su humedad es superior a la del límite plástico, por lo que quiere decir que el material contiene mucha agua.

Nota: el material (ceniza volcánica) no fue posible manipular con la palma de la mano para realizar los rollitos con ningún contenido de agua, al realizarse se desmoronaba; Por lo tanto no se pudo calcular el límite plástico, por consiguiente se considera como no plástico.

3.3.2.- DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE PLÁSTICO

El índice plástico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IP: LL - LP$$

Donde:

IP= Es el índice plástico del suelo, en por ciento.

LL=Es el límite líquido del suelo, en por ciento.

LP=Es el límite plástico del suelo, en por ciento.

Cuando el suelo sea muy arenoso y no pueda determinarse el límite plástico, se reporta el límite plástico y el índice plástico como NP (no plástico). (MANUAL DE MECÁNICA DE SUELOS, 2008).

En la clasificación del suelo (ceniza volcánica) se obtuvo el 84.65 % de arena, y en la determinación del límite plástico no se logró el objetivo; de acuerdo al párrafo anterior se concluye el límite plástico y el índice plástico como NP (no plástico).

3.3.3.- DETERMINACIÓN DE LA CONTRACCIÓN LINEAL

La contracción lineal de un suelo se define como la reducción en la mayor dimensión de un espécimen de forma prismática rectangular, elaborado con la fracción de suelos que pasa la malla N° 0.425 (N° 40), cuando su humedad disminuye desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción, expresada como un porcentaje de la longitud inicial del espécimen.

EQUIPO

- Cápsula de porcelana de 12 cm de diámetro.
- Espátula de hoja de acero flexible de 7.5 cm de longitud y de 2 cm de ancho, con punta redonda.
- Moldes de lámina galvanizada, con sección 2 por 2cm y 10 cm de longitud.
- Calibrador con vernier del tipo Máuser.
- Horno con termostato que mantenga una temperatura constante de $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Aceite lubricante

PROCEDIMIENTO

1. Se toma una muestra del material húmedo que haya sobrado de la determinación del límite líquido, verificando que cumpla con las condiciones de la copa de Casagrande (que la ranura cierre en una longitud de 13 mm precisamente a los 25 golpes).
2. Se procede a llenar el molde de prueba, se efectúa en 3 capas, utilizando la espátula y golpeándolo después de la colocación de cada capa contra una superficie dura. Se enrasa el material en el molde utilizado, con la espátula.
3. Se deja secar el espécimen en condiciones ambientales por 24 horas para evitar su agrietamiento y posteriormente se pone a secar en el horno por 18 horas.
4. Se extrae del horno de secado el molde con el espécimen, se deja enfriar y se saca la barra del molde.
5. Finalmente se mide con el calibrador, la longitud de la barra del material seco (longitud final) y la longitud interior del molde (longitud inicial).

Aunque el material (ceniza volcánica) no haya cumplido con las condiciones de la copa de Casagrande, se realizó el llenado del molde siguiendo el resto del procedimiento.

Como resultado se observó a simple vista que no hubo reducción del material (ceniza volcánica); por lo que se concluye que la contracción es **INAPRECIABLE**.



Imagen 17.- Resultado del secado en el horno.

3.4.- DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA O PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

OBJETIVO

Determinar las relaciones masa-volumen de los materiales respecto a la relación masa-volumen del agua, así como la absorción de los materiales y se utilizan para calcular los volúmenes ocupados por el material o mezcla de los materiales en sus diferentes condiciones de contenidos de agua y el cambio de masa del material debido a la entrada de agua en sus poros, con respecto a su condición de estado seco; las pruebas se realizan de distinta manera en la fracción del material retenida en la malla No. 4 (núm. 4.75mm) y en la porción que pasa dicha malla.

En esta prueba se siguió el protocolo empleado en el laboratorio de mecánica de suelos; por lo que se utiliza la malla No. 40 para cribar el material.

EQUIPO

- Malla N°40
- Balanza de 3000 gr de capacidad y 0.01 gr de aproximación.
- Horno capaz de mantener una temperatura de 105 \pm 5°C.
- Lienzo o trapo.
- Matraz Calibrado.
- Probeta graduada.
- Termómetro de 0.1°C de aproximación.
- Fuente de calor (estufa).
- Bomba de vacío.
- Espátula
- Capsula de porcelana.
- Embudo.
- Agua destilada
- Pipeta o cuentagotas

PROCEDIMIENTO

1. Se pesa 50 gr de material cribado por la malla N°40, utilizando el embudo se introduce el material en el matraz previamente calibrado. Posteriormente se llena el matraz con agua destilada hasta aproximadamente la mitad de su capacidad.



Imagen 18.- Equipo para realizar la prueba.

2. Empleando el dispositivo de succión, se aplica vacío al matraz durante 15 minutos, con el objeto de extraer el aire atrapado en la muestra.

Nota: En esta ocasión se agilizó la prueba poniendo el matraz a baño maría, hasta lograr la ebullición de la muestra moviendo al mismo tiempo el material mientras hierve, hasta expulsar el aire atrapado. Posteriormente se lleva al dispositivo de succión.



Imagen 19.- Expulsión del aire atrapado mediante la ebullición.



Imagen 20.- *Succión del aire atrapado con ayuda de la bomba.*

Se debe tener el cuidado de no succionar el material contenido en el matraz, ya que de lo contrario se tendrán pérdidas de material y será necesario repetir la prueba.

3. Se adiciona el volumen de agua destilada, necesaria para alcanzar la marca de aforo.
4. Se secan cuidadosamente la superficie exterior del matraz y el interior del cuello del mismo, y se tapa. Para esta última operación se emplea un trapo absorbente enrollado, evitando tocar el menisco. Se obtiene la masa del matraz con el material y el agua registrándolo como W_{fsw} , en gr.
5. Se tapa el matraz y se invierte varias veces en forma cuidadosa con el fin de uniformizar la temperatura de la suspensión, a continuación, se coloca el bulbo del termómetro en el centro del matraz y se registra la temperatura, misma que es considerada como la temperatura de la prueba t_p .

6. Hecho lo anterior se vierte toda la suspensión a una capsula de porcelana, empleando el agua necesaria para arrastrar todas las partículas de suelo y



Imagen 21.- Secado al horno de las muestras realizadas en la prueba.

se deja reposar durante 24 horas. Se elimina el agua sobrante mediante una cuidadosa decantación y se lleva la muestra al horno para su secado total a masa constante, a una temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$; se determina y se anota la masa seca de la muestra, W_s , en gr.

7. Finalmente, utilizando la curva de calibración del matraz, se obtiene la masa del matraz con el agua, en gr, correspondiente a la temperatura de prueba t_p y se registra como W_{fw} .

CÁLCULOS

Se calcula la densidad relativa del material seco con la siguiente fórmula:

$$S_s = \frac{W_s}{W_{fw} + W_s - W_{fsw}}$$

Donde:

S_s = Densidad relativa de sólidos del material, (adimensional)

W_s = Masa del material secado al horno, (gr)

Wfw = Masa del matraz lleno de agua a la temperatura de prueba t_p , determinada gráficamente de la curva de calibración del matraz, (gr)

Wfsw = Masa del matraz contenido al suelo y agua hasta la marca de aforo, a la temperatura de prueba t_p , (gr).

RESULTADOS

Tabla 3.- Promedio de 3 pruebas realizadas.

DENSIDAD DE SÓLIDOS			
PRUEBA N°	1	2	3
Matraz N°	7	10	7
Wfsw (gr)	712	720	711
Temperatura (°C)	29	29.5	33
Wfw (gr)	683.62	693.18	683.13
Capsula de evaporación N°	A	3A	3B
Peso de la capsula + muestra seca (gr)	809	808	810
Peso de la capsula (gr)	760	758	760
Ws (gr)	49	50	50
Ss (adimensional)	2.38	2.16	2.26
		PROMEDIO	2.26

3.5.- GRANULOMETRÍA FINA POR EL MÉTODO DEL HIDRÓMETRO.

OBJETIVO

Familiarizar al solicitante con un método para obtener aproximadamente la distribución granulométrica de suelos en los cuales existe una cantidad apreciable de partículas inferiores al tamiz No. 200.

EQUIPO

- Hidrómetro, en gr/lit, graduado de 0 a 60, con precisión de 1 gr/lit.
- Probeta Bouyoucos, de 1000 cm³ sin vertedero.
- Probeta ordinaria, de 1000 cm³.
- Cronometro para tomar tiempos de reposo.
- Termómetro, graduado, en 0.1°C, de 0 a 50°C.
- Balanza con capacidad de 800 gr y precisión de 0.01 gr.
- Mezclador mecánico.
- Vaso de precipitado.
- Defloculante.
- Cápsula de porcelana.
- Horno a temperatura constante (110°C).



Imagen 22.- Equipo y Hexametáfosfato de sodio (defloculante).

PROCEDIMIENTO

Si la prueba es parte de una prueba combinado, se forma con los finos obtenidos por lavado, se comienza del paso 7 que a continuación se enlista; en nuestro caso es directo de una muestra de suelo fino se procede como sigue:

1. Se pesa una cantidad de suelo húmedo que contenga, aproximadamente, 50gr de sólidos y hasta 100gr si el suelo contiene un porcentaje apreciable de granos gruesos que, sin embargo, no justifique un análisis combinado (menos de 25 por ciento retenido en la malla N° 200).
2. Se prepara una solución, empleando 14 gr de defloculante (Hexametáfosfato de sodio) y 1000 cm³ de agua destilada. Disolver previamente en defloculante en 50 cm³ de agua.



Imagen 23.- Material cribado por la malla N°200.



Imagen 24.- Preparación de la solución.

3. Se agrega una parte de esta solución al suelo y se mezcla hasta obtener la consistencia de una pasta fluida.



Imagen 25.- Mezcla del material con solución.

4. Se transfiere la pasta a un mezclador mecánico, y se agrega otra parte de la solución preparada en el segundo paso hasta obtener, aproximadamente, 300 cm³ de pasta líquida.
5. La suspensión suelo-agua se revuelve en el mezclador mecánico, durante 15 minutos por lo menos.



Imagen 26.- Colocación de la suspensión en el mezclador mecánico.

6. Se vierte la suspensión en una probeta Bouyoucos. Se debe tener precaución de apartar un poco de solución en otro recipiente para realizar en lavado del vaso que contiene la suspensión suelo-agua y evitar pérdidas

del material. Si se trata de un material muy plástico, es conveniente dejar reposar la suspensión y el defloculante de un día para otro.

7. Con la mano se obtura la boca de la probeta y se agita vigorosamente durante un minuto, haciéndola girar 180° en un plano vertical.
8. Se coloca cuidadosamente, pero rápidamente, la probeta en una mesa firme, se pone en marcha el cronómetro y, poco a poco, se sumerge el hidrómetro hasta que comience a flotar. Se deja durante dos minutos, tomando lecturas a los 20, 40, 80 y 120 segundos. Las lecturas deberán anotarse en el registro.
9. Se retira el hidrómetro y se sumerge en una probeta con agua limpia, antes o después de tomar la temperatura de la suspensión.



Imagen 27.- Colocación del hidrómetro y termómetro.

10. Se repiten los pasos 7 y 9 hasta obtener un juego consistente de lecturas para los dos primeros minutos del proceso de decantación.
11. Se reinicia la prueba como se indica en los puntos 7 y 8, pero insertado el hidrómetro solamente a los 100 segundos para realizar la lectura de los dos minutos. Después de esta lectura, se retira el hidrómetro de la suspensión y se toma la temperatura.
12. Se repiten las lecturas a los 5, 10, 20, 25 y 30 minutos.

13. El hidrómetro debe permanecer en una probeta de agua limpia, la cual estará junto a la de sedimentación. Después de última lectura, la probeta se



Imagen 28.- Colocación de la suspensión en una charola para su posterior secado en el horno.

agita vigorosamente para poner, nuevamente los sedimentos en suspensión. Se transfiere la suspensión a una cápsula, y se seca al horno. Se calcula el peso seco de los sólidos, sustrayendo el de defloculante.

Para realizar los cálculos de los tamaños y porcentajes de las partículas de la porción de suelo analizada, se registran las lecturas del hidrómetro hechas en distintos tiempos y sus respectivas temperaturas, así como los valores de K que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 4.- Valores de K , en función de la temperatura y el peso específico relativo de los sólidos. Para determinar la granulometría del material que pasa la malla N° 200.

Temperatura ° C	Peso específico relativo de los sólidos (Ss)								
	2.45	2.5	2.55	2.6	2.65	2.7	2.75	2.8	2.85
16	0.0151	0.01505	0.01481	0.01457	0.01435	0.01414	0.01394	0.01374	0.01356
17	0.01511	0.01486	0.01462	0.01439	0.01417	0.01396	0.01376	0.01356	0.01338
18	0.01492	0.01467	0.01443	0.01421	0.01399	0.01378	0.01359	0.01339	0.01321
19	0.01474	0.01449	0.01425	0.01403	0.01382	0.01361	0.01342	0.01323	0.01305
20	0.01456	0.01431	0.01408	0.01386	0.01365	0.01344	0.01325	0.01307	0.01289
21	0.01438	0.01414	0.01391	0.01369	0.01348	0.01328	0.01309	0.01291	0.01273
22	0.01421	0.01397	0.01374	0.01353	0.01332	0.01312	0.01294	0.01276	0.01258
23	0.01404	0.01381	0.01358	0.01337	0.01317	0.01297	0.01279	0.01261	0.01243
24	0.01388	0.01365	0.01342	0.01321	0.01301	0.01282	0.01264	0.01246	0.01229
25	0.01372	0.01349	0.01327	0.01306	0.01286	0.01267	0.01249	0.01232	0.01215
26	0.01357	0.01334	0.01312	0.01291	0.01272	0.01253	0.01235	0.01218	0.01201
27	0.01342	0.01319	0.01297	0.01277	0.01258	0.01239	0.01221	0.01204	0.01188
28	0.01327	0.01304	0.01283	0.01264	0.01244	0.01255	0.01208	0.01191	0.01175
29	0.01312	0.0129	0.01269	0.01249	0.0123	0.01212	0.01195	0.01178	0.01162
30	0.01298	0.01276	0.01256	0.01236	0.01217	0.01199	0.01182	0.01165	0.01149

Nota: Debido a que la densidad del material (determinada en la prueba anterior $S_s=2.26$) es menor a las densidades de la tabla, se usarán los valores de la densidad relativa menor que se tiene en la tabla, es decir, los valores que corresponden a $S_s=2.45$.

RESULTADOS

A continuación se muestran las tablas de los resultados obtenidos en la prueba.

A continuación se muestra la tabla de la combinación de los datos obtenidos de la granulometría por medio de mallas y la granulometría por el método del hidrómetro.

Tabla 6.- Composición granulométrica gruesa, chica y fina del material en estudio.

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA.							
GRANULOMETRIA GRUESA (MEDIANTE TAMICES Ó MALLAS).							
Malla No.	Abertura (n)	Tara (gr)	Tara+suelo ret. (g)	W sue. ret. (%)	%Retenido	%Retenido	% pasa
3"	-	-	-	-	-	-	-
2"	50.8	-	-	-	-	-	-
1 1/2 "	36.1	-	-	-	-	-	-
1"	25.4	-	0	-	-	-	-
3/4"	19.1	-	0	-	-	-	-
1/2"	12.7	-	0	-	-	-	-
3/8"	9.52	-	0	-	-	-	-
4"	4.76	-	0	-	-	-	100
Pasa No. 4	4.76	-	-	-	-	-	-
Suma	4.76	-	-	0	0	-	100
GRANULOMETRIA CHICA (MEDIANTE TAMICES Ó MALLAS).							
10	2.000	0	9.2	1.30	1	1	99
20	0.840	0	17.7	12.30	6	7	93
40	0.420	0	34.5	37.70	19	26	74
60	0.250	0	19.3	43.80	22	48	52
100	0.149	0	12.1	38.40	19	67	33
200	0.074	0	18.2	35.80	18	85	15
Pasa 200		0	89.0	30.70	15	100	
Suma				200.00	100		
GRANULOMETRIA FINA							
	0.0464						4
	0.0299						3
	0.0212						2
	0.0151						2
	0.0135						2
	0.0124						2
	0.0087						2
	0.0070						2
	0.0061						2
	0.0050						2
	0.0043						2
	0.0018						2
	0.0012						2
	0.0000						0
	0.0000						0
	0.0000						0
	0.0000						0
	0.0000						0
	0.0000						0

En la siguiente gráfica se muestra la curva granulométrica, de la muestra combinada. La línea en negro corresponde a la granulometría chica y la línea en rojo a la granulometría fina.

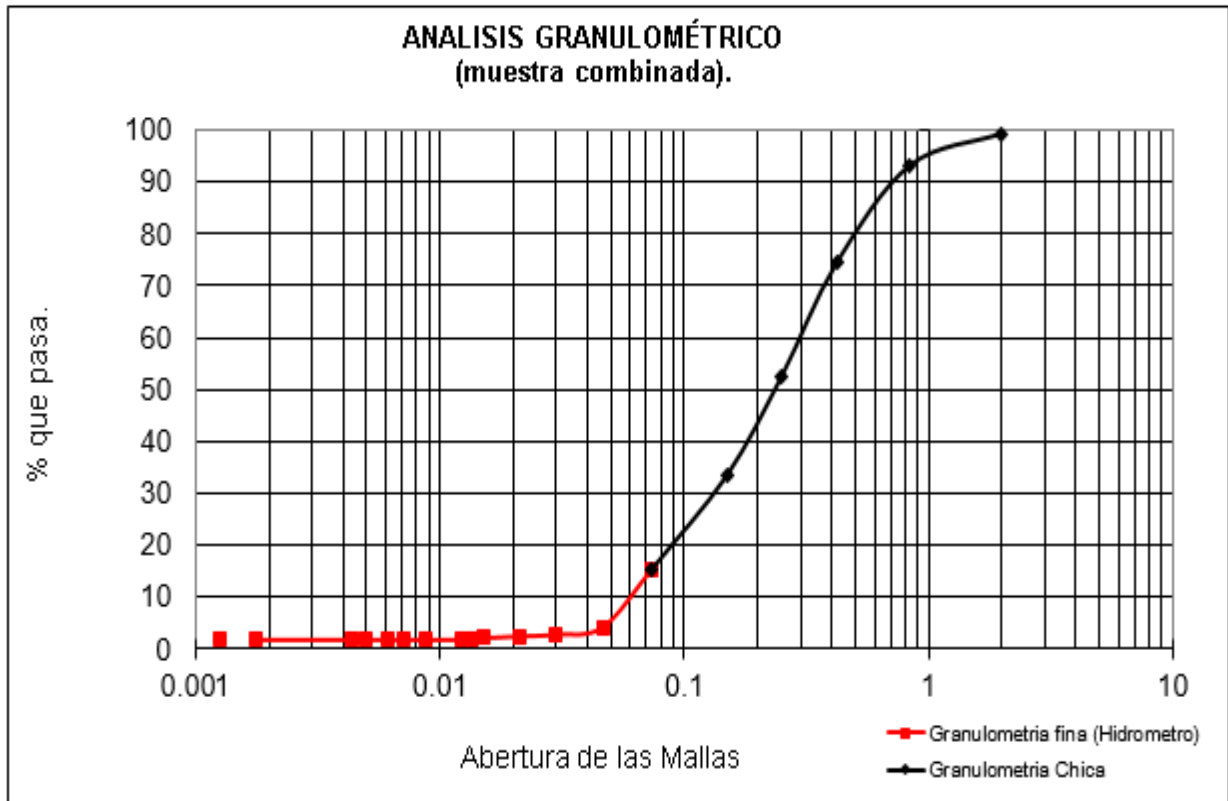


Imagen 29.- Granulometría combinada de la muestra.

El objetivo de la prueba es conocer el tamaño y porcentajes de las partículas de la porción de suelo que pasa la malla No.200

Durante la realización de la prueba se observó sedimentación continua del material, en un periodo de tiempo prolongado, es decir la lectura fue la misma durante los últimos tiempos de prueba; se concluye la clasificación del material es una Arena Limosa.

3.6.- PRUEBA DE COMPACTACIÓN PORTER ESTÁNDAR

OBJETIVO

En esta prueba se determina la compactación por carga estática para calcular el Peso Volumétrico Seco Máximo ($Y_{dmáx}$) y la Humedad Óptima de Compactación en suelos con partículas gruesas empleadas en la construcción de terracerías o en arenas y materiales finos (no cohesivos) que tengan un Índice Plástico menor a 6 ($IP < 6$), a los cuales no es posible someterlos a la prueba Proctor.

EQUIPO

- Molde cilíndrico de compactación de 15.75 cm de diámetro interior y 12.75 cm de altura, provisto de collarín y una base con dispositivo para sujetar el cilindro.
- Máquina de compresión con capacidad mínima de 30 toneladas y aproximación de 100 kg.
- Varilla metálica de 19 mm de diámetro y 30 cm de longitud, con punta de bala.
- Placa circular para compactar, con diámetro de 15.45 cm con dispositivo para sujetarla en la cabeza de aplicación de la carga.
- Malla de 1", abertura 25.4 mm.
- Balanza con capacidad mínima de 20 kg y aproximación de 5 gr.
- Calibrador con vernier tipo máuser.

PROCEDIMIENTO

1. De una muestra obtenida en campo, teniendo cuidado de secar el material únicamente lo necesario para facilitar su disgregación, se toma y criba

una cantidad suficiente para obtener una porción de 16 kg de material que pasa la malla de 1”.



Imagen 30.- Material para realizar la prueba.

2. Se divide mediante cuarteo la porción que pase la malla de 1”, en 4 partes con pesos aproximadamente iguales, es decir, 4 kg por cada parte.

3. Se toma una de las 4 partes del material y se le incorpora la cantidad de agua necesaria frotando el material entre las manos, para que una vez repartida uniformemente, presente una consistencia tal que, al ser comprimido en la palma de la mano, la humedad muy ligeramente. Para favorecer lo anterior en algunos casos será necesario dejar el material húmedo un cierto tiempo en reposo cubierto con una lona húmeda. Con ayuda de una espátula se remueve el material del fondo de la charola para lograr una buena homogenización.



Imagen 31.- Homogenización del material con el agua.

5. Se coloca el material humedecido, dentro del molde con su collarín instalado, en 3 capas del mismo espesor aproximadamente y se le da a cada una de ellas 25 golpes con la varilla metálica, distribuyéndolos uniformemente.

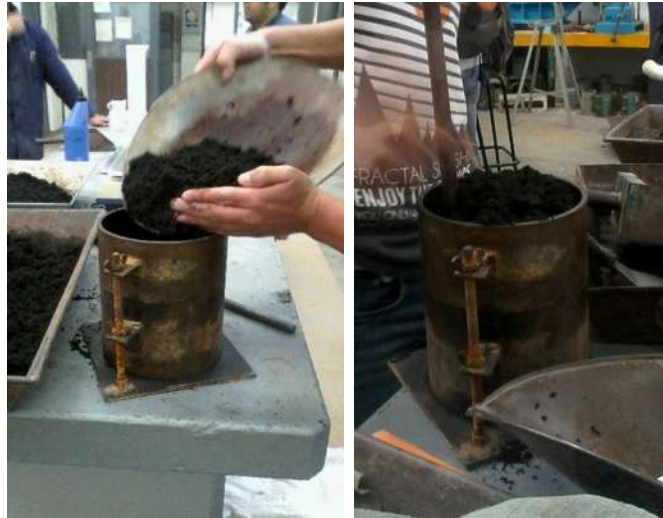


Imagen 32.- Colocación y varillado del material.

6. Al terminar la colocación de la última capa, se toma el molde que contiene el material, se coloca en la máquina de compresión y se compacta aplicando lentamente carga uniforme, hasta alcanzar en un lapso de 3 minutos la presión de 140.6 kg/cm^2 , equivalente a una carga de 26.5 toneladas, aproximadamente; se mantiene esta carga durante 1 minuto y se hace la descarga en el siguiente minuto. Al llegar a la carga máxima se observa la base del molde y si está ligeramente humedecida, el material tiene la Humedad Óptima de Compactación y ha alcanzado su peso específico volumétrico máximo.



Imagen 33.- Colocación en la máquina de carga.

6. Si al llegar a la carga máxima, no se humedece la base del molde, la humedad con que se preparó la muestra es inferior a la óptima y por lo tanto, se toma otra porción representativa del material y se le adiciona una cantidad de agua igual a la del espécimen anterior, más 80 cm^3 ; se mezcla uniformemente y se repiten en ésta los pasos 4 y 5. Se preparan los especímenes que sean necesarios siguiendo los pasos indicados en este subpárrafo, hasta lograr que en uno de ellos se observe el inicio del humedecimiento de la base del molde con la carga máxima, lo cual generalmente se consigue con menos de 4 especímenes.

7. Si antes de llegar a la carga máxima se humedece la base del molde al haberse iniciado la expulsión de agua, la humedad con la que se preparó la muestra es superior a la óptima y en este caso se procede como se indica en el paso 6, con la diferencia que en lugar de adicionar 80 cm^3 de agua, se disminuyen estos 80 cm^3 en cada nueva porción representativa del material, hasta lograr que en una de ellas, con la carga máxima, se observa el inicio del humedecimiento de la base del molde.

8. Terminada la compactación del espécimen preparado con la humedad óptima, se retira el molde de la máquina de compresión y se determina la altura del

espécimen, h_e , restando la altura del molde, la altura entre la cara superior del espécimen y el borde superior del molde; se registra este valor en centímetros con aproximación de 0.01 mm.



Imagen 34.- Forma de medir el borde superior del molde con el vernier.

9. Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de la parte central se obtiene una muestra representativa y se le determina su contenido óptimo de agua W_o .



Imagen 35.- Obtención del contenido óptimo de humedad.

CÁLCULOS

El volumen del espécimen compactado con la humedad óptima se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_m = A_m h_e$$

Donde:

V_m = Es el volumen del espécimen, (cm^3)

A_m = Es el área de la sección transversal del cilindro de compactación, (cm^2)

h_e = Es la altura del espécimen, (cm)

El contenido de agua óptima se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$W_o = \frac{\text{peso suelo humedo} - \text{peso suelo seco}}{\text{peso suelo seco}}$$

El peso específico húmedo del espécimen se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\gamma_m = \frac{W_t}{V_m} = \frac{4000}{2133.75} = 1.88 \text{ gr/cm}^3$$

Donde:

W_t : peso del material.

V_m : volumen del espécimen.

El peso específico seco máximo (γ_{dmax}), del espécimen se calcula:

$$\gamma_{dmax} = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{W_o}{100}}$$

DONDE:

γ_{dmax} = Peso específico máximo del espécimen en estado seco, en gr/cm³ = ton/m³.

Enseguida se muestra la conversión.

$$\frac{gr}{cm^3} * \frac{1 ton}{1,000,000gr} * \frac{1,000,000cm^3}{1m^3} = \frac{ton}{m^3}$$

γ_m = Es el peso específico del espécimen húmedo, (gr/cm³)

W_o = Es la humedad óptima del espécimen, (%)

Tabla 7.- Humedad óptima.

Datos generales del molde Porter		
No. de molde=		9
Diámetro del molde (D)		15.68 cm
Altura del molde (h1) =		12.7 cm
Area del molde (Am) =		193.10 cm ²
Peso del material (Wt)		4000 gr
Lecturas obtenidas con el vernier		
L1 =	1.75	cm
L2=	1.6	cm
L3=	1.5	cm
L4=	1.75	cm
h2 (Lectura promedio)=	1.65	cm
he=h1-h2	11.05	cm
Volumen (Vm) del espécimen =	2133.75	cm ³
Humedad óptima (Wo)		
peso suelo húmedo=	200	gr
Peso suelo seco	168.2	gr
Humedad óptima (Wo)=	18.91	%
γ_{dmax} =	1.58	ton/m ³
Li=	7.32	cm
Lf=	7.32	cm

3.7.- VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR (VRS)

OBJETIVO

Determinar si el suelo en estudio tiene la calidad para ser empleado en las capas. Base, sub-base y sub-rasante.

Para esta prueba se utiliza el suelo compactado en la prueba anterior, Porter estándar.

EQUIPO

- Prensa con capacidad de 5,000 kg.
- Depósito con agua para saturar el suelo compactado.
- Papel filtro de 15.2 cm de diámetro.
- Placa circular perforada de 15.2 cm de diámetro.
- 2 placas circulares de carga de 15.2 cm de diámetro y de 3 kg de peso cada una.
- Un trípode metálico para referencia de mediciones.
- Extensómetro con carrera de 2.54 cm y una aproximación de 0.01 mm.
- Cronómetro o reloj.
- Calibrador con vernier.

PROCEDIMIENTO

1. Estando el suelo ya compactado, se pone encima un papel filtro, para que no se erosione al momento de introducirlo a inmersión total en agua.
2. Arriba del papel se coloca una placa circular perforada y encima de esta, las 2 placas circulares de carga, sobre la extensión del molde se coloca el trípode, que servirá como referencia de mediciones de altura y conocer si el suelo presenta expansión.



Imagen 36.- Colocación de la placa perforada para su posterior saturación en la pila.

3. Se introduce el conjunto a la pila de saturación, de tal forma que el molde quede sumergido, con un tirante de 2 cm arriba del borde superior de la extensión del molde.
4. Utilizando el vernier, se hace la primera lectura de altura, medida sobre el trípode hasta la parte central del vástago de la placa circular perforada; anotando esta lectura como (L_i), se verifica cada 24 horas y cuando en dos lecturas sucesivas se observe que no hay diferencia, se anota su valor como lectura final (L_f), con aproximación a 0.01 mm.

El periodo de saturación varía de 3 a 5 días.



Imagen 37.- Muestra la forma de medir las lecturas con ayuda del vernier.

5. Todo lo descrito en el paso 4, es con el fin de determinar el porcentaje de expansión que puede tener un suelo y se obtiene con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de expansión} = \frac{(L_i - L_f)}{h_e} * 100$$

Donde:

L_i y L_f son la longitud inicial y final respectivamente del espécimen antes y después de la expansión.

6. Se retira el molde del agua, se retira la expansión, el papel filtro y la placa circular perforada, colocándose en medio de las placas de carga el pistón de penetración, después se coloca el molde en la parte central de la prensa.



Imagen 38.- Retiro del molde de la pila de saturación.

7. Se coloca el extensómetro que va a indicar las penetraciones estandarizadas para esta prueba.

8. Se aplica una precarga para ajustar el extensómetro en cero, para iniciar la penetración del pistón en forma vertical.



Imagen 39.- Forma de colocar el molde en la máquina.

9. Se aplica carga para que el pistón penetre al espécimen a una velocidad de 1.27 mm/minuto, anotando las cargas necesarias para obtener cada una de las penetraciones descritas anteriormente.
10. Los resultados se llevan a la gráfica (penetraciones contra carga), obteniéndose la llamada curva de valor relativo de soporte estándar y se obtiene finalmente el resultado de este con la siguiente fórmula:

CÁLCULOS

Para el Valor Relativo de Soporte (VRS)

$$VRS \text{ estándar} = \frac{C_{2.54}}{1360} * 100$$

Para la carga (y) en función de la penetración

$$y = 8.31x$$

Donde.

8.31= Coeficiente de calibración propio de la máquina.

x= Penetración, mm.

C_{2.54}= Carga correspondiente a la penetración de 2.54 mm o cualquier otra en kg.

1360= Equivale a la carga que presentaría un material de buena calidad para esa penetración.

RESULTADOS

Tabla 8.- Resultados de prueba VRS.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)			
	X (mm)	Y (Kg)	VRS (%)
1.27 mm	9	74.79	5.50
2.54 mm	29	240.99	17.72
3.81 mm	51	423.81	31.16
5.08 mm	62	515.22	37.88
7.62 mm	77	639.87	47.05
10.16 mm	81	673.11	49.49
12.7 mm	98	814.38	59.88

Tabla 9.- Expansión del material.

PRUEBA DE EXPANSIÓN		
Li=	7.32	cm
Lf=	7.32	cm
Expansión=	0	cm
% expansión =	0	

En la siguiente gráfica se observa el comportamiento de la resistencia, se calculó el valor relativo de soporte de la ceniza volcánica a diferentes penetraciones.

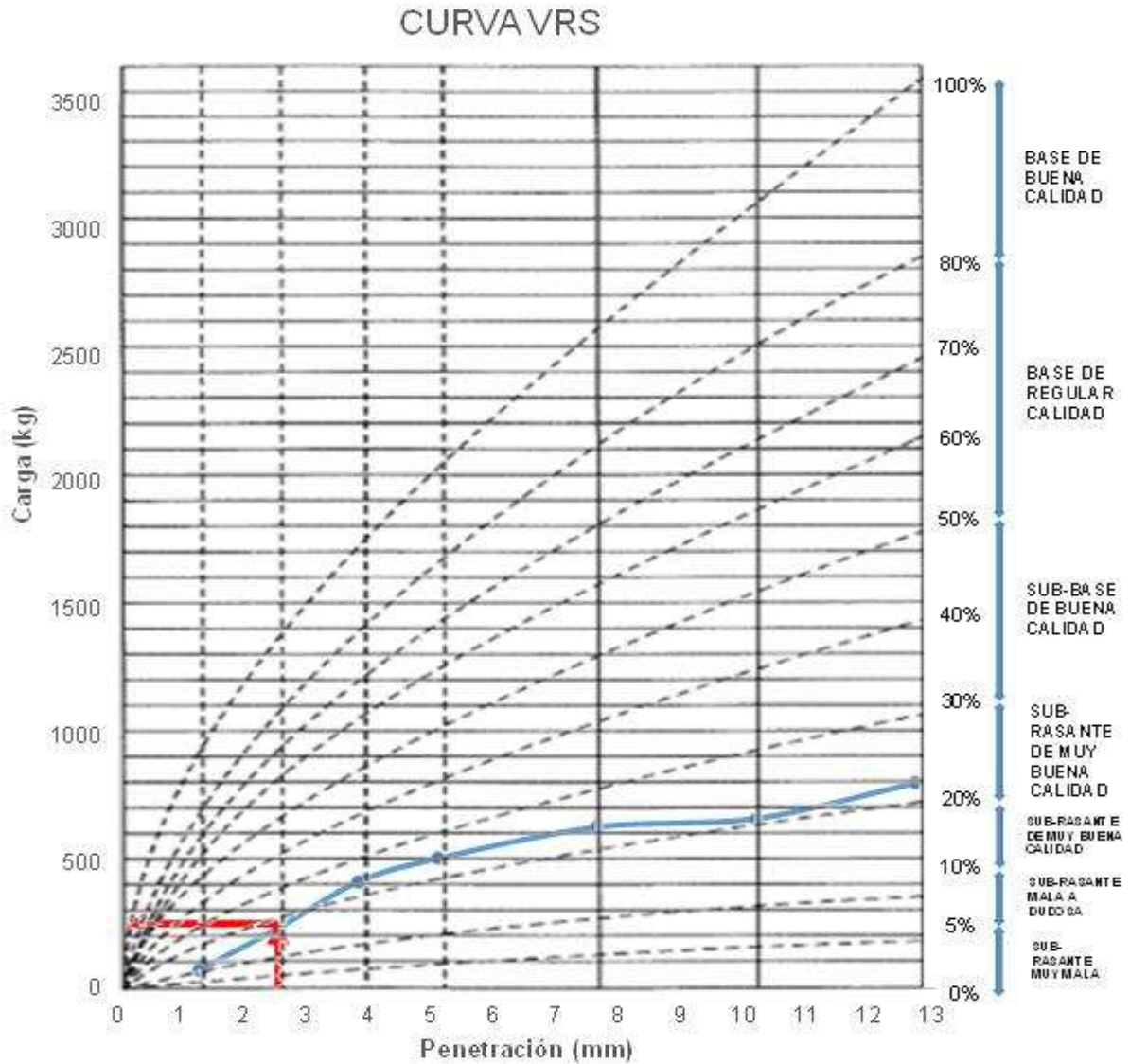


Imagen 40.- Gráfica de VRS inicial.

Tabla 10.- Rangos de clasificación del material.

0 a 5%	Sub-rasante muy mala
5 a 10%	Sub-rasante mala dudosa
10 a 20%	Sub-rasante regular a buena
20 a 30%	Sub-rasante muy buena
30 a 50%	Sub-base de buena calidad
50 a 80%	Base de regular calidad
80 a 100%	Base de buena calidad

De acuerdo a los resultados obtenidos, se trata de un material que se puede utilizar para una sub-rasante regular a buena; cabe mencionar que durante la saturación no presentó expansión, lo que es muy favorable para el empleo de caminos.

3.8.-DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO (PVSS)

OBJETIVO

Determinar el peso volumétrico seco de campo para determinar el grado de compactación.

El peso volumétrico es la relación entre el peso de un material y el volumen ocupado por el mismo, expresado en T/m³.

EQUIPO

- Cucharón.
- Recipiente.
- Barra metálica.
- Balanza.

PROCEDIMIENTO

Se realiza el cálculo del porcentaje de humedad actual del material, se emplea la fórmula siguiente:

$$\% H. Actual = \frac{Wh - Ws}{(Ws)} * 100$$

Donde:

Wh= peso muestra

Ws = peso muestra seca

1. Con el material utilizado en la prueba (DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS), se hace un cuarteo con el cucharón se deja caer el material dentro del recipiente desde una altura de 20 cm aproximadamente, hasta llenar el recipiente a tope, y se enrasa con la barra metálica si ejercer presión.
2. Una vez enrasado se pesa el recipiente junto con el material y se registra su peso. Repitiendo los pasos anteriores 3 veces para hacer un promedio del peso volumétrico del material seco.



Imagen 41.- Preparación de la muestra.

CÁLCULOS

$$P.V.S.S = \frac{\text{Peso muestra}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$P.V.S.S. \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} * \frac{1\ 00\ 000 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} = P.V.S.S \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

Tabla 11.- Peso volumétrico seco suelto.

PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO						
No.	Peso muestra + molde	molde	Peso muestra	Volumen	PVSS	PVSS
	(gr)	(gr)	(gr)	(cm3)	(gr/cm3)	(Kg/m3)
1	242.00		219.90		1.47	1470.31
2	243.40	22.1	221.30	149.56	1.48	1479.67
3	244.20		222.10		1.49	1485.02
			Promedio		1.48	1478.34

Se obtuvo un promedio de tres pruebas del peso volumétrico seco suelto.

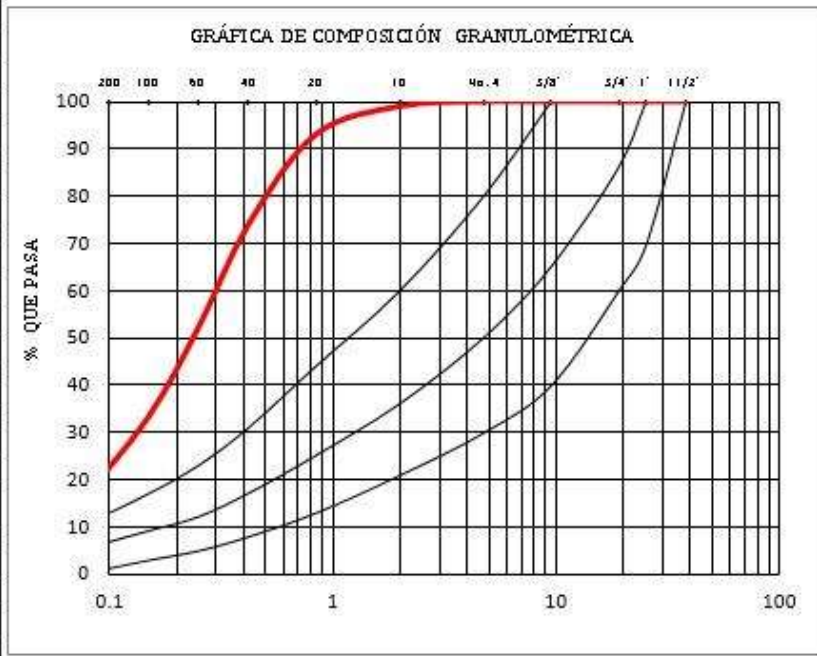
Tabla 12.- Características de la ceniza volcánica.

INFORME DE CALIDAD DEL MATERIAL

Norma de Referencia N-CMT-4-02-002/11

SOLICITANTE:	MAXEH Internacional de México, S.A de C.V.		
OBRA:	TESIS		
LOCALIZACIÓN:	Viejo San Juan Parangaricutiro		
FECHA DE RECIBIDO:	FECHA DE INFORME:	ENSAYE No:	
PROCEDENCIA:	Volcán Paricutín, Viejo San Parangaricutiro, Michoacán.		
MATERIAL:	Arena Limosa (SM), para diseño de suelo-cemento fluido.		
ENVIADA POR:	Norma Nayeli Álvarez Páez		

MALLAS	QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES	
		10-100	70-100
1 1/2" (38.1)	100	100	100
1" (25.4)	100	70-100	70-100
3/4" (19)	100	60-100	60-88
3/8" (9.51)	100	40-100	40-65
No. 4 (4.76)	100	30-50	30-50
10 (2)	99	21-60	21-38
20 (0.841)	93	12-44	12-25
40 (0.42)	74	8-31	8-17
60 (0.25)	52	5-23	5-12
100 (0.149)	33	3-17	3-9
200 (0.074)	15	0-10	0-5
LIMITE LIQUIDO (%)	INAP	25 máx	25 máx
INDICE PLÁSTICO (%)	INAP	6 máx	6 máx
CONTRACCIÓN LINEAL	INAP		
EQUIV. DE ARENA (%)	-	40 mín	50 mín
CBR ESTANDAR (%)	17.72	80 mín	100 mín
DESGASTE (%)	-	35 máx	30 máx
PART. ALARGADAS (x)	-	40 máx	35 máx
PART. LAJEADAS (%)	-	40 máx	35 máx
DESPERDICIO (%)	0		
PVSS (tn/m ³)	146		
PVSM (tn/m ³)	158		
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	18.91		
EXPANSIÓN (%)	-		
VALOR CEMENTANTE (kg/cm ²)	-		
ABSORCIÓN (%)	-		
DENSIDAD	2.26		
CLASIFICACIÓN SUCS	SM		



OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES: El material en estudio (ceniza volcánica), de acuerdo al porcentaje de CBR, cumple a la clasificación de Sub-Rasante Regular a buena.

3.9.- CÁLCULO PARA LA ELABORACIÓN DE ESPECIMENES

Para la elaboración de especímenes se hizo un previo proporcionamiento de cemento al 5 %, 10 %, 15%, 20%, 30 % y 40 %, Suelo y aditivo (MAXE-h) del 1 % y 3 %. Para 8 especímenes saturados, 8 especímenes no saturados y 2 para VRS (Valor Relativo de Soporte).

La siguiente tabla muestra los datos base para calcular los proporcionamientos y realizar la mezcla del suelo cemento fluido

Tabla 13.- Datos de partida para la elaboración de especímenes.

PVSS (ceniza volcánica)	1465	kg/m ³
Agua para 1 m3 de material	190 a 250	lts
Aditivo MAXE-h para 1 m3 de material	1	kg

3.9.1.- Procedimiento de cálculo con 0.1 % de aditivo MAXEh.

1. Se toman las medidas al cilindro pequeño y al molde que se ocupa para el VRS.



Imagen 42.- Forma de medir el molde.

La siguiente tabla muestra las medidas y volúmenes que corresponden a los moldes.

Tabla 14.- Características de los recipientes.

Medidas del cilindro	
Diámetro	5.16 cm
Altura (h)	9.97 cm
Área	20.91 cm ²
Volumen cilindro	208.49 cm ³
Vol. 16 cilindros	3335.84 cm ³

Medidas del molde	
Diámetro	15.68 cm
Altura (h)	12.7 cm
Área	193.1 cm ²
Volumen molde	2452.37 cm ³
Vol. 2 molde	4904.74 cm ³

2. Se calcula el volumen y área necesarios para el proporcionamiento.

Cálculo del área y el volumen del cilindro pequeño:

$$\text{Área} = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (5.16)^2}{4} = 20.91 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} * h = 20.91 * 9.97 = 208.49 \text{ cm}^3$$

Donde:

D= diámetro del cilindro pequeño.

h= altura del cilindro pequeño.

Para cada proporcionamiento es necesario fabricar 16 cilindros pequeños; 8 saturados y 8 no saturados, así que se calcula el volumen necesario para este fin.

Por lo tanto:

Vol. 16 cilindros = $208.49 * 16 = 3\,335.84\text{ cm}^3$

Cálculo del área y el volumen del molde para VRS.

$$\text{Área} = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * (15.68)^2}{4} = 193.1\text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = \text{Área} * h = 193.1 * 12.7 = 2\,452.37\text{ cm}^3$$

Se realizan 2 moldes para la prueba VRS; a la edad de 3 días y 28 días.

Vol. 2 moldes VRS = $2\,452.37 * 2 = 4\,904.73\text{ cm}^3$

3. Se realiza un incremento del 15 % de desperdicio.

$$3\,335.84\text{ cm}^3 + 4\,904.73\text{ cm}^3 = 8\,240.57\text{ cm}^3 * 1.15 = 9\,476.65\text{ cm}^3$$

A continuación se muestra la conversión de cm^3 a m^3 :

$$\frac{1\,000\,000\text{ cm}^3}{1\text{ m}^3} \quad \frac{9\,476.65\text{ cm}^3}{x}$$

Por lo tanto tenemos: 0.009477 m^3 de volumen de material requerido.

4. Se calculan las cantidades de cemento, aditivo y ceniza volcánica requeridos.

Ejemplo de cálculo:

Proporcionamiento de suelo-cemento: 5% Cemento, 0.1% aditivo MAXEH

Cálculo de cemento para 1 m³ de ceniza volcánica:

$$\text{Cemento para } 1 \text{ m}^3 = \% \text{ de cemento} * PVSS$$

$$\text{Cemento para } 1 \text{ m}^3 = 0.05 * 1465 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{73.3 \text{ kg/m}^3}$$

Cálculo de cemento para 0.00947 m³ de material:

$$\text{cemento para } 1 \text{ m}^3 \text{ de ceniza volcanica} * \text{Volumen de suelo requerido}$$

$$73.3 \text{ Kg /m}^3 * 0.00947 \text{ m}^3 = \mathbf{0.69 \text{ Kg Cemento}}$$

Cálculo de aditivo MAXE-h para 0.00947 m³ de material:

$$= (PVSS * \text{Vol de suelo requerido}) * (\text{porcentaje del aditivo MAXEh})$$

$$(1465 \text{ Kg /m}^3 * 0.00947 \text{ m}^3) * (0.001) = \mathbf{0.0138 \text{ Kg} = 13.87 \text{ gr}}$$

$$\frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ gr}} \quad \frac{0.0138 \text{ kg}}{x}$$

Cálculo de la ceniza volcánica para 0.00947 m³ de material:

$$= (PVSS * \text{Volumen de suelo requerido}) - (\text{cemento para } 0.00947 \text{ m}^3 \text{ de material}) \\ - (\text{el aditivo MAXE-h para } 0.00947 \text{ m}^3 \text{ de material})$$

$$= (1465 \text{ Kg/m}^3 * 0.00947 \text{ m}^3) - (0.69 \text{ Kg}) - (0.0138 \text{ Kg})$$

$$= \mathbf{13.17 \text{ Kg}}$$

Cálculo del agua para 0.00947 m³ material:

$$= \text{vol. de agua para } 1 \text{ m}^3 \text{ de material} * \text{vol de suelo requerido}$$

$$= \frac{230 * 0.00947}{1} = \mathbf{2.18 \text{ lt}}$$

$$\frac{230 \text{ L}}{x} \quad \frac{1 \text{ m}^3}{0.00947 \text{ m}^3}$$

La siguiente tabla muestra las cantidades necesarias de suelo, cemento, aditivo y volumen de agua; que deben emplearse para preparar 16 especímenes (8 saturados y 8 no saturados) y 2 moldes para VRS; para los diferentes porcentajes de cemento.

Tabla 15.- Porcentajes de Cemento con el 0.1 % de Aditivo MAXEh.

Porcentajes Cemento (%)	Cemento para 1 m3 de Ceniza Volcánica (Kg/m3)	Cemento para 0.00947 m3 de material (Kg)	Ceniza Volcánica para 0.00947 m3 de material (kg)	MAXEh para 0.00947 m3 de material (gr)	Agua para 0.00947 m3 de material (lt)
5	73.3	0.69	13.17	13.87	2.18
10	146.5	1.39	12.47	13.87	2.18
15	219.8	2.08	11.78	13.87	2.18
20	293.0	2.77	11.08	13.87	2.18
30	439.5	4.16	9.70	13.87	2.18
40	586.0	5.55	8.31	13.87	2.18

3.9.2.- Procedimiento de cálculo con 0.3 % de aditivo MAXEh

En este cálculo solo se pide el incremento al 0.3 % de aditivo MAXEh.

Se realizan las mismas operaciones de cálculo que en el apartado **3.9.1.**

En la siguiente tabla se muestran los resultados de los cálculos para realizar la mezcla del Suelo-Cemento Fluido.

Tabla 16.- Porcentajes de Cemento con el 0.3 % de Aditivo MAXEh.

Porcentajes Cemento	Cemento para 1 m3 de Ceniza Volcánica	Cemento para 0.00947 m3 de material	Ceniza Volcánica para 0.00947 m3 de material	MAXEh para 0.00947 m3 de material	Agua para 0.00947 m3 de material
(%)	(Kg/m3)	(Kg)	(kg)	(gr)	(lt)
5	73.3	0.69	13.14	41.62	2.18
10	146.5	1.39	12.44	41.62	2.18
15	219.8	2.08	11.75	41.62	2.18
20	293.0	2.77	11.06	41.62	2.18
30	439.5	4.16	9.67	41.62	2.18
40	586.0	5.55	8.28	41.62	2.18

3.10.- ELABORACIÓN DE ESPECIMENES

Se elaborarán 192 especímenes para realizar la prueba a compresión simple; aplicándoles carga a la edad 3, 7, 14 y 28 días en condiciones saturadas y no saturadas; y 24 especímenes para VRS (Valor Relativo de Soporte Estándar), a la edad de 3 y 28 días.

El cálculo se realizó para 16 cilindros pequeños y 2 moldes para VRS.

Durante la elaboración de la mezcla se realizará la prueba de revenimiento.

Una vez terminado el colado de cada cilindro, se cubrirán con bolsas de plástico húmedas durante 24 horas, con el fin de mantener la humedad del colado hasta el día del descimbrado, se colocarán 8 especímenes para compresión simple en la pila de saturación, así como también los dos VRS (Valor Relativo de Soporte Estándar), y los 8 especímenes restantes se pondrán en un lugar donde pueda mantenerse en condiciones ambientales, cubriéndolos con bolsas de plástico humedecidas cada 24 horas para evitar alteración en los resultados.

Tabla 17.- Especímenes a elaborar para condiciones saturadas.

Porcentajes cemento	0.1 % MAXEH		0.3 % MAXEH	
	Cilindros	Moldes para VRS	Cilindros	Moldes para VRS
5%	8	2	8	2
10%	8	2	8	2
15%	8	2	8	2
20%	8	2	8	2
30%	8	2	8	2
40%	8	2	8	2
Total	48	12	48	12

Tabla 18.- Especímenes a elaborar para condiciones no saturadas.

Porcentajes cimento	No. De especímenes	
	0.1 % MAXEh	0.3 % MAXEh
5%	8	8
10%	8	8
15%	8	8
20%	8	8
30%	8	8
40%	8	8
Total	48	48

3.10.1.- PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE ESPECIMENES DE SUELO-CEMENTO

OBJETIVO

Ilustrar el procedimiento para elaboración de especímenes de suelo-cemento.

EQUIPO

- Bolsas de 15 cm x 25cm y 20 cm x 30 cm
- Cilindros de 5.20 cm de diámetro cm y 10 cm de altura
- Moldes de 15.7 cm de diámetro y 12.70 cm de altura
- Probeta graduada
- Báscula

- Charola
- Cucharón
- Equipo para la prueba del revenimiento
- Termómetro

PROCEDIMIENTO

1. Se pesan las cantidades de los materiales de acuerdo a los proporcionamientos ya calculados anteriormente. Se pesa la Ceniza Volcánica previamente secada en el sol.



Imagen 43.- Preparación del material.

Se usará Cemento CEMEX Tolteca CPC 30R.



Imagen 44.- Cemento

2. El aditivo MAXEH se mezcla en agua por un periodo de cuando menos 10 minutos manteniendo en reposo antes de ser agregado a la mezcla.



Imagen 45.- Homogeneización del aditivo Maxeh en agua.

3. Se mide la cantidad de agua calculada en el proporcionamiento, con ayuda de la probeta graduada; se debe de obtener un revenimiento de 8 cm a 14 cm; en caso de no obtener el revenimiento deseado se le agrega más agua, Se debe hacer el registro del agua ocupada para obtener dicho revenimiento.



Imagen 46.- Probeta con agua.

4. Para la preparación de la mezcla del suelo-cemento fluido, en una charola con ayuda del cucharón realizar la homogeneización de la ceniza volcánica con el cemento ya pesados; posteriormente agregar el aditivo previamente diluido, finalmente vaciar el agua necesaria para registrar un revenimiento adecuado.



Imagen 47.- Homogenización de los materiales.

5. Tomar la temperatura de la mezcla con el termómetro.



Imagen 48.- Colocación del termómetro.

6. Inmediatamente se realiza la prueba de revenimiento, debe quedar entre 8 cm y 14 cm.
7. Se realiza el llenado de los cilindros.

Para el llenado de los cilindros, previamente aceitados, se utiliza un cucharón metálico, esto se realiza en tres capas aplicándole varillado de 25 golpes por cada

capa, finalmente se le aplica golpes con la varilla para eliminar exceso de aire y se enrasa.



Imagen 49.- Llenado y varillado de los cilindros.

8. Se pesa cada espécimen para determinar su peso volumétrico fresco y posteriormente se cubren con bolsas de plástico húmedas para su curado durante 24 horas antes de ser descimbrados.



Imagen 50.- Registro del peso de los especímenes frescos.

9. Se colocan 8 especímenes en la pila de saturación y 8 en un lugar seguro donde se pueda mantener a temperatura ambiente cubriéndolos con bolsas de plástico húmedas y previamente numerados.



Imagen 51.- Especímenes en la pila de saturación.



Imagen 52.- Especímenes cubiertas con bolsas muy húmedas.

3.10.2.- PRUEBA DE REVENIMIENTO

OBJETIVO

Determinar el revenimiento en el concreto fresco (NMX-C-156-ONNCCE-2010)

Esta norma mexicana establece los procedimientos para determinar la consistencia del concreto hidráulico en estado fresco.

EQUIPO

- Placa y cono para revenimiento.
- Varilla punta de bala de 5/8 de diámetro.
- flexómetro

PROCEDIMIENTO

1. Humedecer el cono, colocarlo sobre una superficie horizontal, plana y rígida; se sujeta colocando los pies en los estribos del cono para mantenerlo firme.

2. Llenar el cono con ayuda del cucharón en 3 capas aproximadamente de igual volumen, se le dan 25 golpes distribuidos sobre la sección de cada capa, inclinando la varilla ligeramente en la zona perimetral cuidando de no penetrar la capa inferior durante el varillado.



Imagen 53.- Varillado para la prueba de revenimiento.

3. Enrazar el material mediante el movimiento de rodamiento de la varilla. Se limpia la superficie exterior de la base de asiento, e inmediatamente se levanta en un solo tirón el cono, en dirección vertical, se invierte el cono y se coloca cerca de la mezcla para colocar la varilla horizontalmente y medir la distancia con el flexómetro.



Imagen 54.- Colocación del flexómetro durante la prueba.

3.10.3.- PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE EN ESPECÍMENES DE SUELO-CEMENTO FLUIDO

OBJETIVO

Determinar la capacidad de carga de especímenes de suelo-cemento.

EQUIPO

- Prensa hidráulica capacidad mínima de 30 toneladas y aproximación de 100 kg.
- Nivel de mano.
- Espátula.

PROCEDIMIENTO

Los especímenes saturados se retiran de la pila de saturación y posteriormente se secan con franela.

Para los especímenes no saturados, se les retira la bolsa.

1. Se coloca el espécimen de suelo-cemento, el cual se cabecea con una porción de mezcla de arena y cemento, comprendida entre 6 mm y 10 mm, con ayuda de una espátula, sobre la base para aplicar carga de la prensa hidráulica, de tal manera que quede centrado.



Imagen 55.- *Espécimen colocado en el centro de la placa de la prensa.*

2. Se ajusta el espécimen en la prensa hidráulica cuidando que la placa superior apenas haga contacto con el espécimen. Colocar en ceros el indicador de deformación. Posteriormente se aplica carga al espécimen. Se detiene la maquina cuando el espécimen falle, se registra la lectura multiplicado por el factor que tiene la máquina de compresión (56.25, 62.27), para obtener la carga máxima por cada espécimen a probar.

La velocidad de carga debe ser lenta para que no se fracture el espécimen por impacto.



Imagen 56.- *Espécimen a edad de prueba.*

3. Concluida la prueba se limpia el equipo.

3.10.4.- PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ESTÁNDAR (VRS)

OBJETIVO

Clasificar la calidad del material para su posible uso en infraestructura.

Se probarán los 2 moldes colados de suelo-cemento fluido a los días 3 y 28 respectivamente con la finalidad de obtener la resistencia a la penetración, esto se obtendrá multiplicando las lecturas por el factor (8.31) obtenido en la calibración de la prensa con capacidad de 5,000 kg.

EQUIPO

- Prensa hidráulica.
- Micrómetro.
- Vernier.

PROCEDIMIENTO

1. Para el retiro de los moldes de la pila de saturación, se extrae la extensión, el papel filtro, la placa circular perforada y hacer que escurra el agua que está retenido, para el mejor manejo de la prueba.



Imagen 57.- Retiro del molde de la pila de saturación.

2. Se coloca el extensómetro que va a indicar las penetraciones estandarizadas que son: 1.27 mm, 2.54 mm, 3.81 mm, 5.08 mm, 7.62 mm, 10.16 mm y 12.70 mm.
3. Se colocan las placas de carga el pistón de penetración y el molde con suelo-cemento fluido en la parte central de la prensa.
4. Se aplica la carga sobre el espécimen y se registran las lecturas del micrómetro.
5. Concluida la carga se procede a retirar el espécimen; con el vernier se toman cuatro medidas diferentes a la altura borde superior del collarín.

4.- ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LOS RESULTADOS

Las tablas y graficas que a continuación se presentan muestran características físicas del material así como los resultados obtenidos en laboratorio después de ser sometidos a cargas de compresión simple en condiciones saturadas y no saturadas. Como se mencionó anteriormente se realizó el valor relativo de soporte de cada proporcionamiento a la edad prueba correspondiente.

4.1.- Tablas, gráficas y resultados de los proporcionamientos para especímenes en condiciones saturadas y no saturadas con 0.1% de aditivo MAXEh

Los siguientes resultados de proporcionamientos, se obtuvieron durante el proceso de elaboración de la mezcla de suelo-cemento fluido con el 0.1 % de aditivo MAXEh, para 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 % y 40 % de cemento.

4.1.1.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 5% DE CEMENTO Y 94.9 % DE SUELO.

4.1.1.1.- CILINDROS (PRUEBA A COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 19.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 5% cemento y 0.1 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
04/sep/2018 Martes		5	10	4.5	0.1	20.91	06/Sept/18 Jueves	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1245	1226	-----	----	-----	-----	-----	-----
2	1235	1216	9/sep/18 domingo	3	2.2	56.25	123.75	5.92
3	1225	1206	9/sep/18 domingo	3	1.8	56.25	101.25	4.84
4	1225	1208	13/sep/18 jueves	7	1.7	56.25	95.625	4.57
5	1230	1222	20/sep/18 jueves	14	1.7	56.25	95.625	4.57
6	1210	1201	20/sep/18 jueves	14	1.6	56.25	90	4.30
7	1225	1216	4/oct/18 jueves	28	1.8	56.25	101.25	4.84
8	1220	1211	4/oct/18 jueves	28	1.8	56.25	101.25	4.84
CILINDROS SATURADOS (11/sep/18)								
9	1270	1247	14/sep/18 viernes	3	1.8	56.25	101.25	4.84
10	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11	1220	1203	18/sep/18 martes	7	1.5	56.25	84.375	4.04
12	1220	1218	18/sep/18 martes	7	1.6	56.25	90	4.30
13	1395	1369	25/sep/18 martes	14	1.6	56.25	90	4.30
14	1240	1216	25/sep/18 martes	14	1.5	56.25	84.375	4.04
15	1220	1212	9/oct/18 martes	28	1.6	56.25	90	4.30
16	1220	1212	9/oct/18 martes	28	1.8	56.25	101.25	4.84
TEMPERATURA:				19° C				

1*: El cilindro se fracturó al momento de descimbrar.

10* Especímen frágil al introducir a la pila.

La siguiente gráfica muestra los resultados de Carga-Edad prueba de los especímenes saturados y no saturados; para una carga de proyecto= 522.75 KgF a los 28 días.

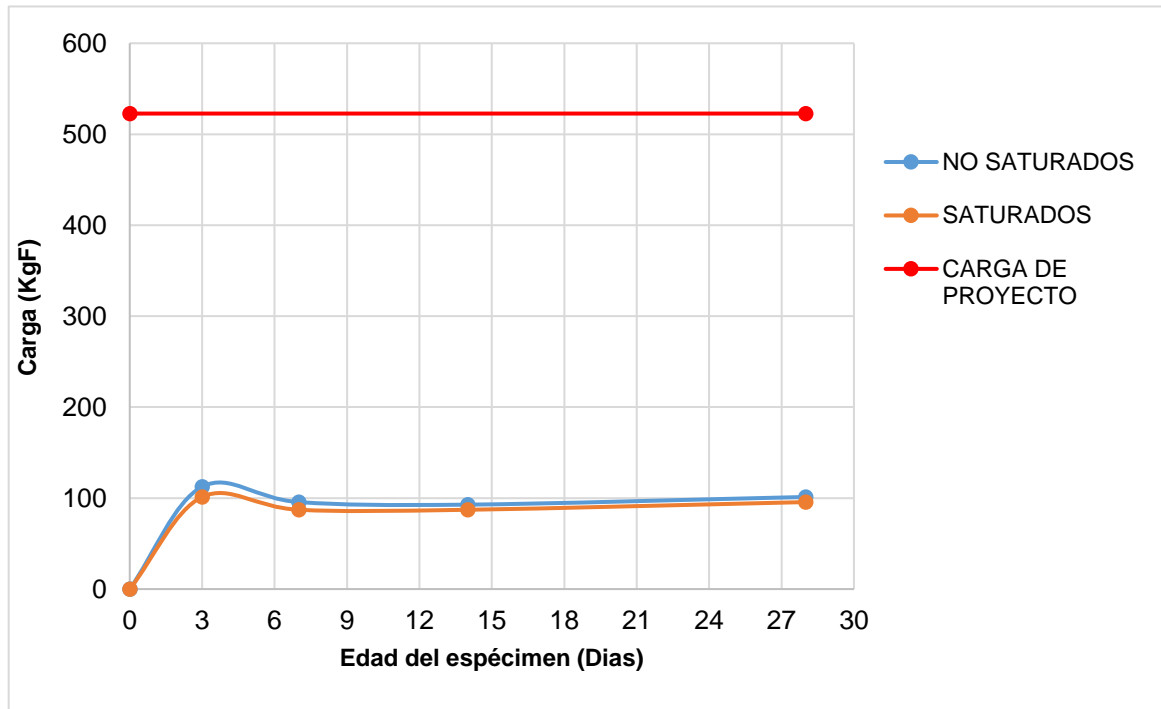


Imagen 58.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.

La siguiente gráfica muestra los resultados de Resistencia -Edad prueba de los especímenes saturados y no saturados; para una resistencia de proyecto=25 KgF/cm² a los 28 días.

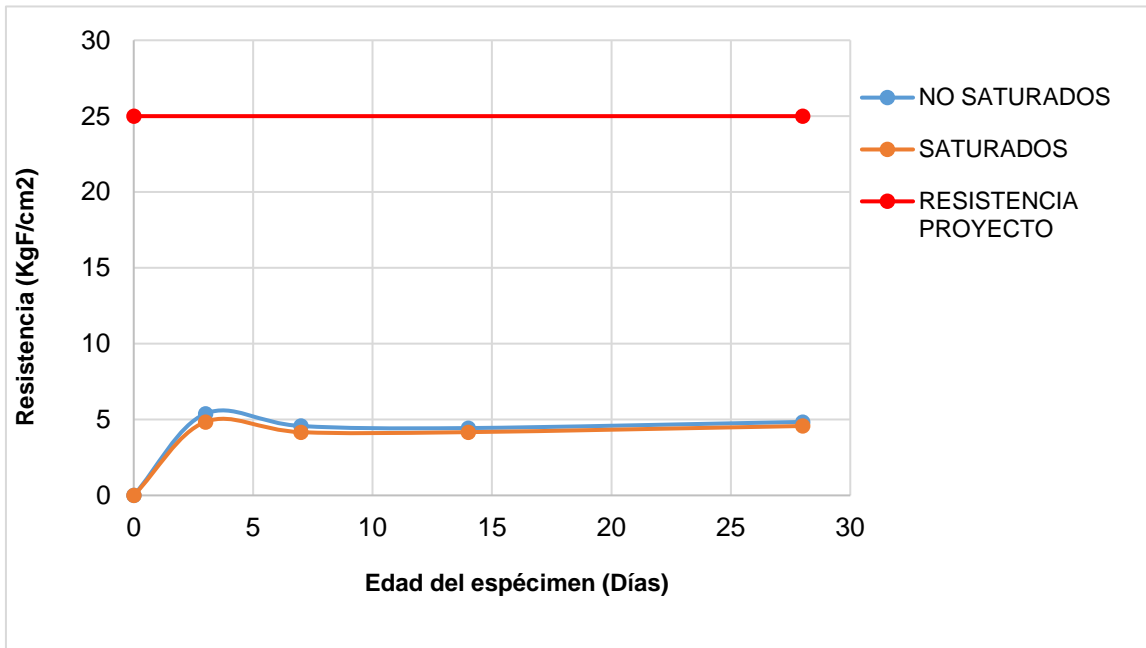


Imagen 59.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

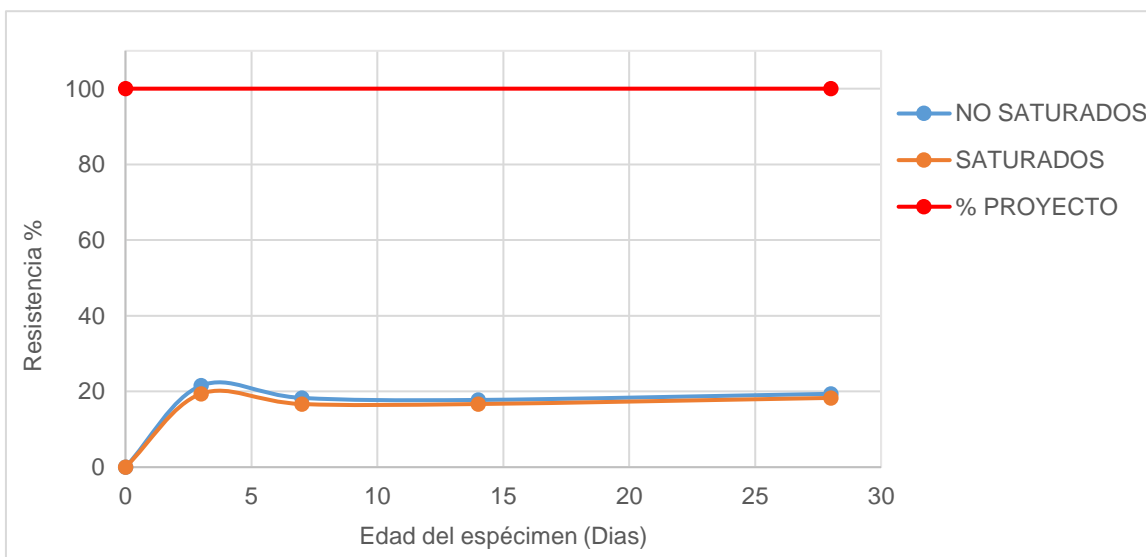


Imagen 60.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 5% cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

La gráfica anterior muestra los resultados del porcentaje de resistencia del proyecto– edad prueba de los especímenes saturados y no saturados; el 100% de resistencia a los 28 días.

Tabla 20.- Pesos volumétricos de especímenes con 5% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	5		0.1
No de cilindro	Edad de prueba Días	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material Gr	Peso del material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	805.40	1245	439.60	2110	1226	420.6	2019
2	3	809.80	1235	425.20	2041	1216	406.2	1950
3	7	795.60	1225	429.40	2061	1206	410.4	1970
4	7	801.00	1225	424.00	2035	1208	407.0	1954
5	14	800.60	1230	429.40	2061	1222	421.4	2023
6	14	788.20	1210	421.80	2025	1201	412.8	1982
7	28	801.20	1225	423.80	2034	1216	414.8	1991
8	28	800.60	1220	419.40	2013	1211	410.4	1970
SATURADOS								
9	3	814.00	1270	456.00	2189	1247	433.0	2079
10	3	796.60	-----	-----	-----	-----	-----	-----
11	7	791.60	1220	428.40	2057	1203	411.4	1975
12	7	796.20	1220	423.80	2034	1218	421.8	2025
13	14	948.40	1395	446.60	2144	1369	420.6	2019
14	14	799.00	1240	441.00	2117	1216	417.0	2002
15	28	794.00	1220	426.00	2045	1212	418.0	2007
16	28	797.80	1220	422.20	2027	1212	414.2	1988

4.1.1.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 21.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 5% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9605	9560	193.1	6.43	6.43	8.31	3	09/sep/2018 martes
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	18	149.58		0.77		11.00
2.54	mm	36	299.16		1.55		22.00
3.81	mm	59	490.29		2.54		36.05
5.08	mm	80	664.8		3.44		48.88
7.62	mm	111	922.41		4.78		67.82
10.16	mm	135	1121.85		5.81		82.49
12.7	mm	145	1204.95		6.24		88.60
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
10085	10003	193.21	8.16	8.16	8.31	28	04/oct/2018 jueves
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	46	382.26		1.98		28.11
2.54	mm	110	914.1		4.73		67.21
3.81	mm	172	1429.32		7.40		105.10
4.31	mm	200	1662		8.60		122.21
0	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
0	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
0	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto

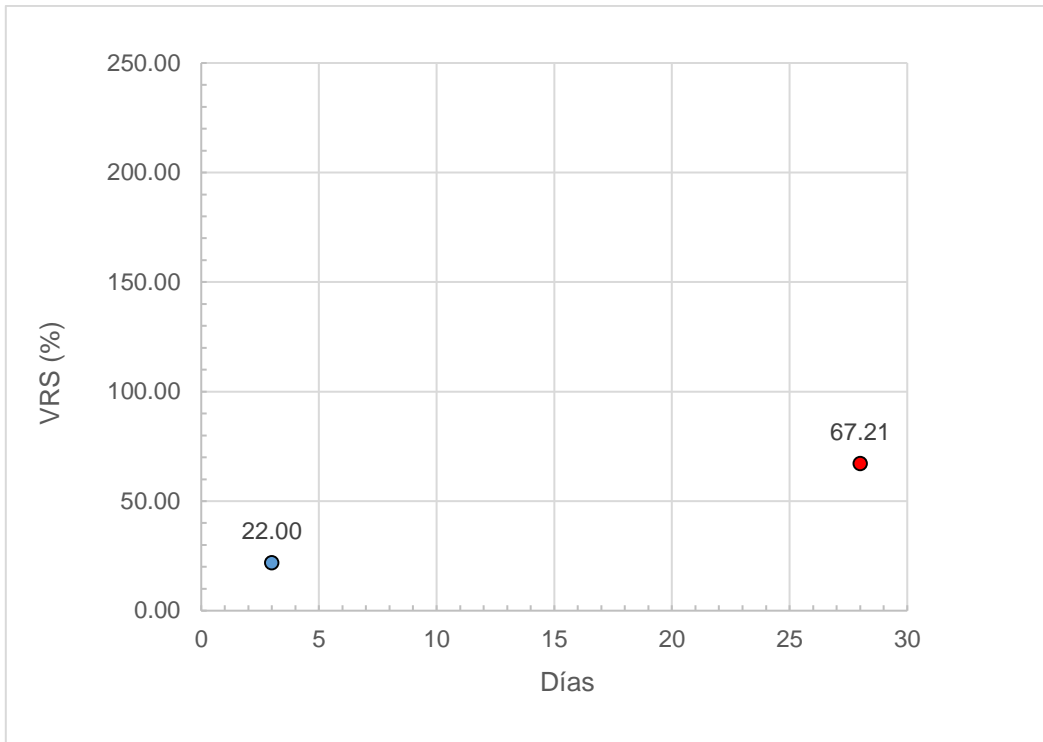


Imagen 61.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 5% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.

Se muestra el valor relativo de soporte a los días de prueba, se realizó a los 3 días y a los 28 días de prueba.

4.1.2.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXE-h, 10% CEMENTO Y 89.9% SUELO

4.1.2.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 22.-Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 10% cemento y 0.1 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
06/sep/18 jueves		10	10	4	0.1	20.91	7/Sept/18 Viernes	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Dias	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1208.2	1206.3	9/sep/18 domingo	3	1.9	56.25	106.88	5.11
2	1209	1205.6	9/sep/18 domingo	3	1.9	56.25	106.88	5.11
3	1203.4	1201.4	13/sep/18 jueves	7	2.6	56.25	146.25	6.99
4	1205.4	1203.2	13/sep/18 jueves	7	2.5	56.25	140.63	6.73
5	1211	1209.2	20/sep/18 jueves	14	2.7	56.25	151.88	7.26
6	1195	1193.1	20/sep/18 jueves	14	2.8	56.25	157.5	7.53
7	1213.4	1212.8	4/oct/18 jueves	28	3.8	56.25	213.75	10.22
8	1201	1200.4	4/oct/18 jueves	28	3.4	56.25	191.25	9.15
CILINDROS SATURADOS (11/sep/18)								
9	1238	1235	14/sep/18 viernes	3	1.8	56.25	101.25	4.84
10	1195.8	1193.4	14/sep/18 viernes	3	1.8	56.25	101.25	4.84
11	1191	1190.4	17/sep/18 lunes	7	2.2	56.25	123.75	5.92
12	1202.2	1201.8	17/sep/18 lunes	7	2.2	56.25	123.75	5.92
13	1350.2	1349.2	20/sep/18 jueves	14	2.5	56.25	140.63	6.73
14	1204.8	1204.2	20/sep/18 jueves	14	2.4	56.25	135	6.46
15	1204.2	1202.2	4/oct/18 jueves	28	3	56.25	168.75	8.07
16	1199.8	1198	4/oct/18 jueves	28	3	56.25	168.75	8.07
TEMPERATURA:				19° C				

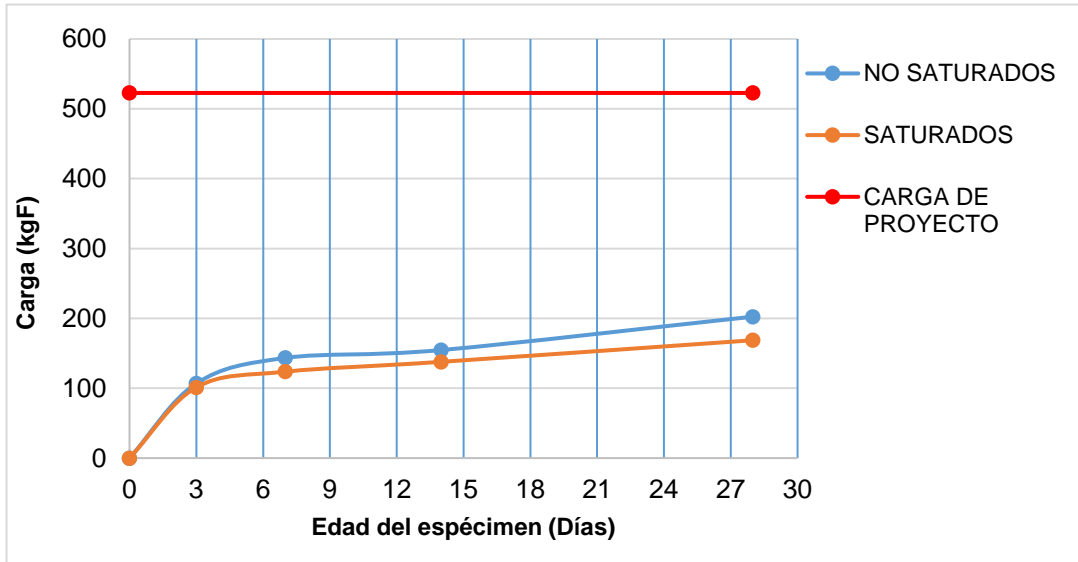


Imagen 62.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 10 % cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.

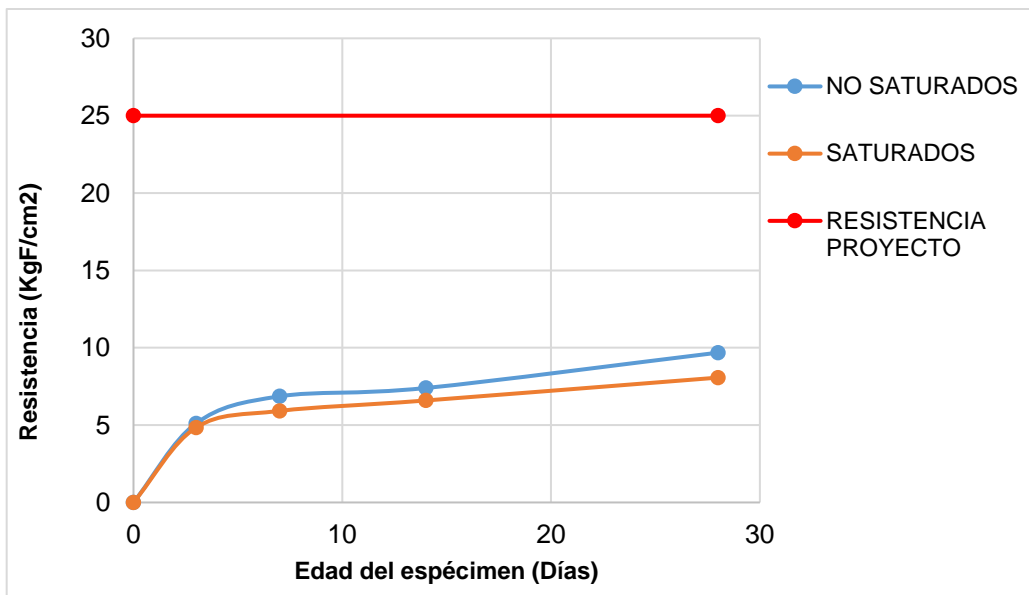


Imagen 63.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 10% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.

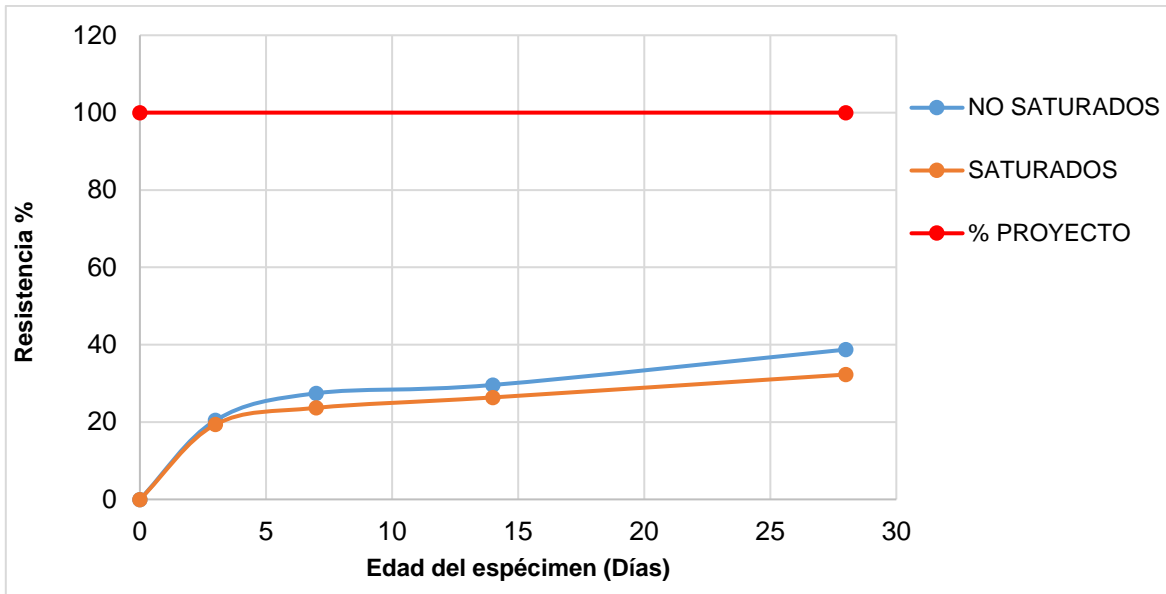


Imagen 62.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 10 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

Tabla 23.- Pesos volumétricos de especímenes con 10% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	10		0.1
No de cilindro	Edad de prueba Dias	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso del material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	805.40	1208.2	402.80	1934	1206.3	400.9	1925
2	3	809.80	1209.0	399.20	1916	1205.6	395.8	1900
3	7	795.60	1203.4	407.80	1958	1201.4	405.8	1948
4	7	801.00	1205.4	404.40	1941	1203.2	402.2	1931
5	14	800.60	1211.0	410.40	1970	1209.2	408.6	1962
6	14	788.20	1195.0	406.80	1953	1193.1	404.9	1944
7	28	801.20	1213.4	412.20	1979	1212.8	411.6	1976
8	28	800.60	1201.0	400.40	1922	1200.4	399.8	1919
SATURADOS								
9	3	814.00	1238.0	424.00	2035	1235	421.0	2021
10	3	796.60	1195.8	399.20	1916	1193.4	396.8	1905
11	7	791.60	1191.0	399.40	1917	1190.4	398.8	1914
12	7	796.20	1202.2	406.00	1949	1201.8	405.6	1947
13	14	948.40	1350.2	401.80	1929	1349.2	400.8	1924
14	14	799.00	1204.8	405.80	1948	1204.2	405.2	1945
15	28	794.00	1204.2	410.20	1969	1202.2	408.2	1960
16	28	797.80	1199.8	402.00	1930	1198.0	400.2	1921

4.1.2.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 24.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 10% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9760	9735	193.1	8.66	8.66	8.31	3	09/sep/2018 martes
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.27	mm	11	91.41	0.47	6.72		
2.54	mm	28	232.68	1.20	17.11		
3.81	mm	41	340.71	1.76	25.05		
5.08	mm	55	457.05	2.37	33.61		
7.62	mm	74	614.94	3.18	45.22		
10.16	mm	90	747.9	3.87	54.99		
12.7	mm	105	872.55	4.52	64.16		
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
10720	10003	193.21	9.43	9.43	8.31	28	04/oct/2018 jueves
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.27	mm	77	639.87	3.31	47.05		
2.54	mm	212	1761.72	9.12	129.54		
3.45	mm	300	2493	12.90305885	183.31		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		

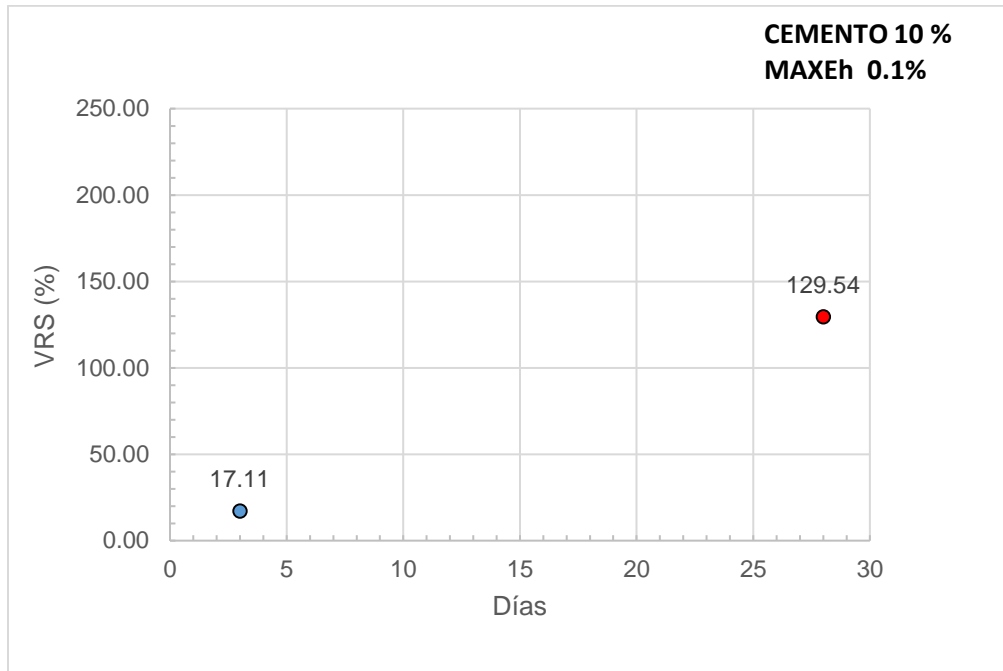


Imagen 63.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 10% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.

4.1.3.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 15% CEMENTO Y 84.9% SUELO

4.1.3.1.- CILINDROS (PRUEBA A COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 25.-Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 15% cemento y 0.1 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
07/sep/18 viernes		15	12	4	0.1	20.91	08/sep/18 sábado	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1219.4	1218.2	10/sep/18 lunes	3	1.9	56.25	106.88	5.11
2	1213	1212.6	10/sep/18 lunes	3	1.9	56.25	106.88	5.11
3	1201.4	1200	14/sep/18 viernes	7	2	56.25	112.5	5.38
4	1200.6	1200	14/sep/18 viernes	7	2	56.25	112.5	5.38
5	1213	1211	21/sep/18 viernes	14	2.3	56.25	129.38	6.19
6	1192.2	1191	21/sep/18 viernes	14	2.6	56.25	146.25	6.99
7	1222	1215	05/oct/18 viernes	28	3.2	56.25	180	8.61
8	1201	1200	05/oct/18 viernes	28	3.2	56.25	180	8.61
CILINDROS SATURADOS								
9	1236.2	1235	10/sep/18 lunes	3	1.8	56.25	101.25	4.84
10	1198.8	1198	10/sep/18 lunes	3	1.8	56.25	101.25	4.84
11	1194.4	1194	14/sep/18 viernes	7	2.1	56.25	118.13	5.65
12	1203	1200	14/sep/18 viernes	7	2.1	56.25	118.13	5.65
13	1363.6	1363	21/sep/18 viernes	14	2.1	56.25	118.13	5.65
14	1213.4	1211	21/sep/18 viernes	14	2.3	56.25	129.38	6.19
15	1206.4	1206	05/oct/18 viernes	28	3.3	56.25	185.63	8.88
16	1216.6	1216	05/oct/18 viernes	28	3.1	56.25	174.38	8.34
TEMPERATURA:				20° C				

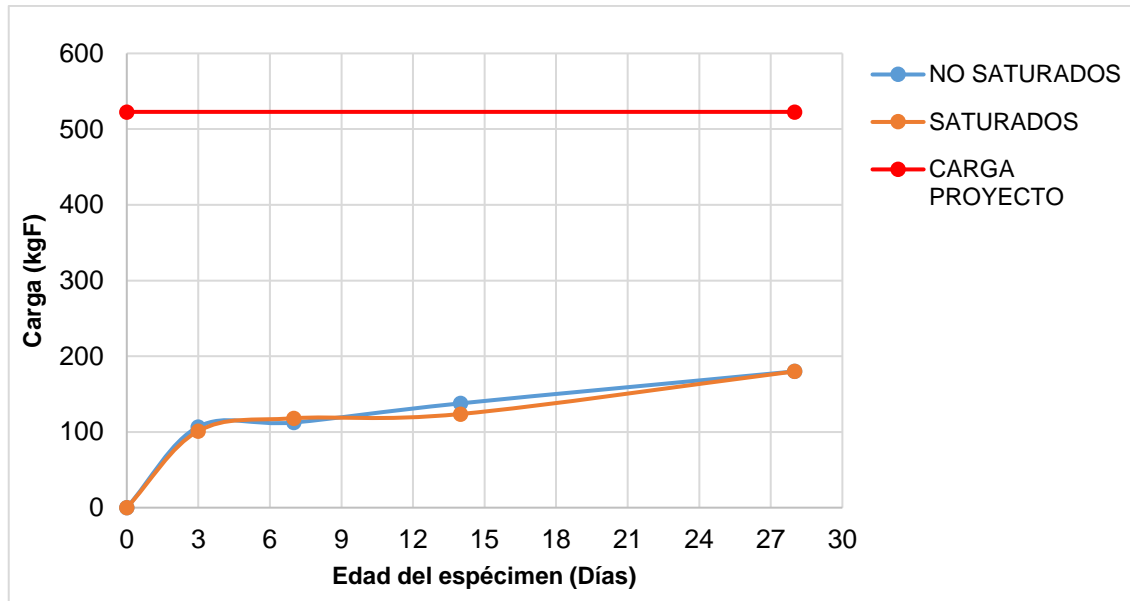


Imagen 64.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 15 % cemento y 0.1% de aditivo MAXEh

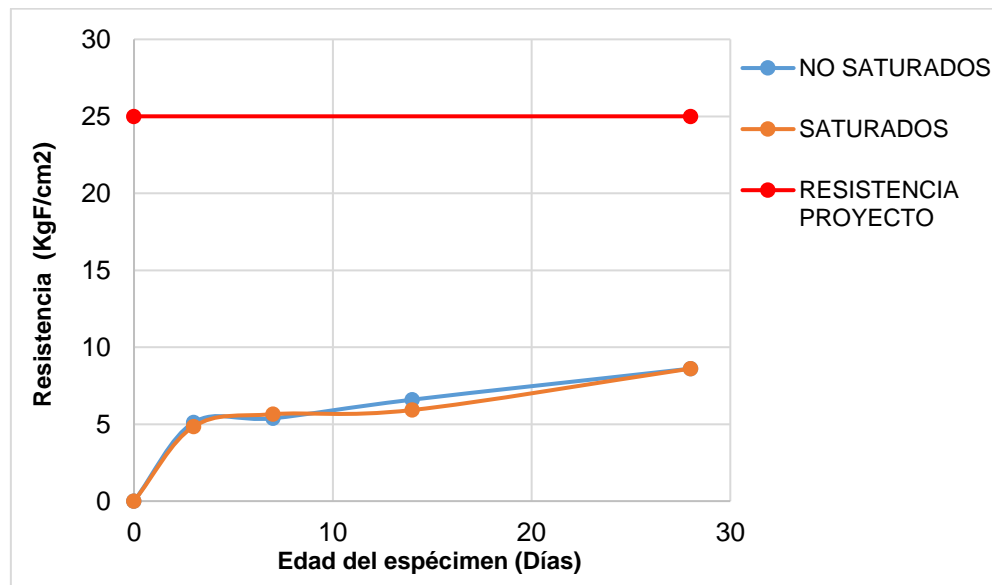


Imagen 65.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 15% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

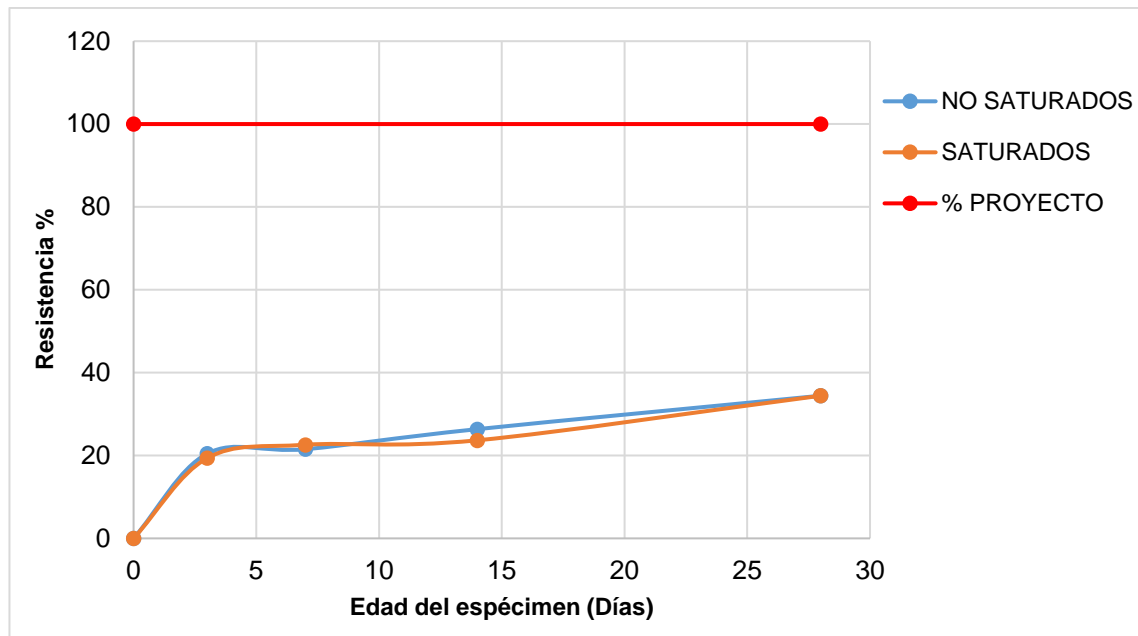


Imagen 66.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 15 % cemento y 0.1% aditivo MAXEH.

Tabla 26.- Pesos volumétricos de espécimenes con 15% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEH
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	15		0.1
No de cilindro	Edad de prueba Dias	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso del material a edad de prueba gr	peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	805.40	1219.4	414.00	1987	1218.2	412.8	1982
2	3	809.80	1213.0	403.20	1936	1212.6	402.8	1934
3	7	795.60	1201.4	405.80	1948	1200	404.4	1941
4	7	801.00	1200.6	399.60	1918	1200	399.0	1915
5	14	800.60	1213.0	412.40	1980	1211	410.4	1970
6	14	788.20	1192.2	404.00	1939	1191	402.8	1934
7	28	801.20	1222.0	420.80	2020	1215	413.8	1986
8	28	800.60	1201.0	400.40	1922	1200	399.4	1917
SATURADOS								
9	3	814.00	1236.2	422.20	2027	1235	421.0	2021
10	3	796.60	1198.8	402.20	1931	1198	401.4	1927
11	7	791.60	1194.4	402.80	1934	1194	402.4	1932
12	7	796.20	1203.0	406.80	1953	1200	403.8	1938
13	14	948.40	1363.6	415.20	1993	1363	414.6	1990
14	14	799.00	1213.4	414.40	1989	1211	412.0	1978
15	28	794.00	1206.4	412.40	1980	1206	412.0	1978
16	28	797.80	1216.6	418.80	2010	1216	418.2	2008

4.1.3.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 27.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 15% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
10275	10190	193.1	6.99	6.99	8.31	3	10/sep/2018 lunes
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	11	91.41		0.47		6.72
2.54	mm	28	232.68		1.20		17.11
3.81	mm	42	349.02		1.81		25.66
5.08	mm	63	523.53		2.71		38.49
7.62	mm	100	831		4.30		61.10
10.16	mm	137	1138.47		5.90		83.71
12.7	mm	166	1379.46		7.14		101.43
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9505	9415	193.21	6.82	6.82	8.31	28	05/oct/2018 viernes
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	28	232.68		1.20		17.11
2.54	mm	115	955.65		4.94		70.27
3.81	mm	200	1662		8.60		122.21
4.54	mm	241	2002.71		10.36		147.26
0	mm	valor alto	Valor alto		valor alto		valor alto
0	mm	valor alto	Valor alto		valor alto		valor alto
0	mm	valor alto	Valor alto		valor alto		valor alto

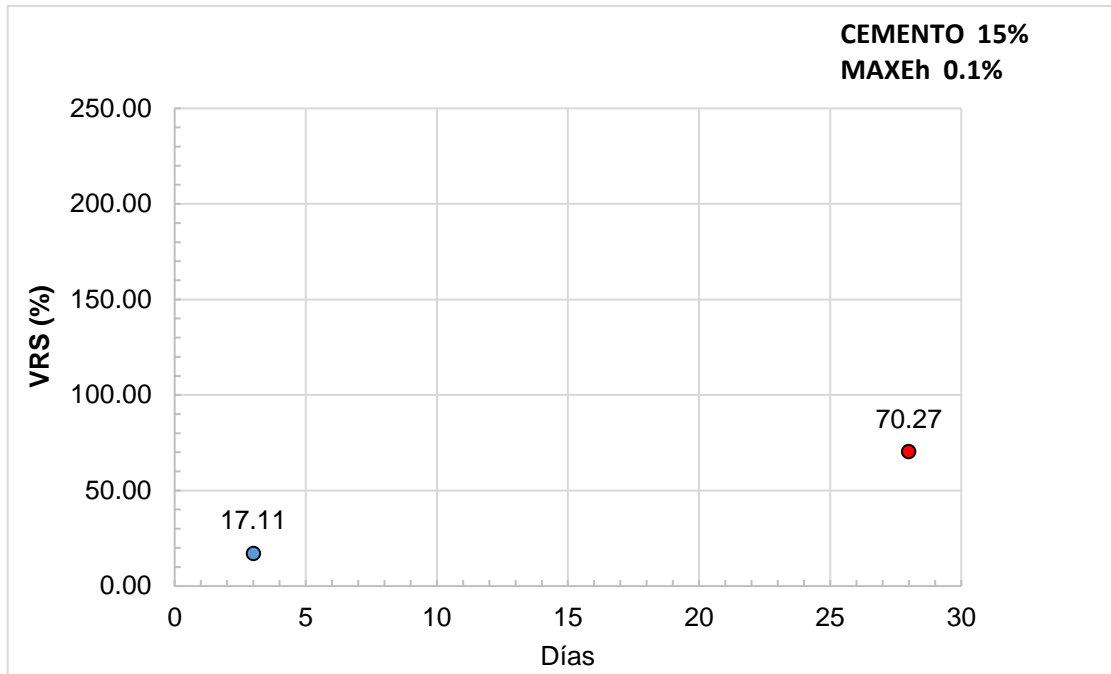


Imagen 67.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 15% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.

4.1.4.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 20% CEMENTO Y 79.9 % DE SUELO

4.1.4.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 28.-Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 20% cemento y 0.1 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
07/sep/18 viernes		15	12	4	0.1	20.91	08/sep/18 sábado	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1219.4	1218.2	10/sep/18 lunes	3	1.9	56.25	106.88	5.11
2	1213	1212.6	10/sep/18 lunes	3	1.9	56.25	106.88	5.11
3	1201.4	1200	14/sep/18 viernes	7	2	56.25	112.5	5.38
4	1200.6	1200	14/sep/18 viernes	7	2	56.25	112.5	5.38
5	1213	1211	21/sep/18 viernes	14	2.3	56.25	129.38	6.19
6	1192.2	1191	21/sep/18 viernes	14	2.6	56.25	146.25	6.99
7	1222	1215	05/oct/18 viernes	28	3.2	56.25	180	8.61
8	1201	1200	05/oct/18 viernes	28	3.2	56.25	180	8.61
CILINDROS SATURADOS								
9	1236.2	1235	10/sep/18 lunes	3	1.8	56.25	101.25	4.84
10	1198.8	1198	10/sep/18 lunes	3	1.8	56.25	101.25	4.84
11	1194.4	1194	14/sep/18 viernes	7	2.1	56.25	118.13	5.65
12	1203	1200	14/sep/18 viernes	7	2.1	56.25	118.13	5.65
13	1363.6	1363	21/sep/18 viernes	14	2.1	56.25	118.13	5.65
14	1213.4	1211	21/sep/18 viernes	14	2.3	56.25	129.38	6.19
15	1206.4	1206	05/oct/18 viernes	28	3.3	56.25	185.63	8.88
16	1216.6	1216	05/oct/18 viernes	28	3.1	56.25	174.38	8.34
TEMPERATURA:				20° C				

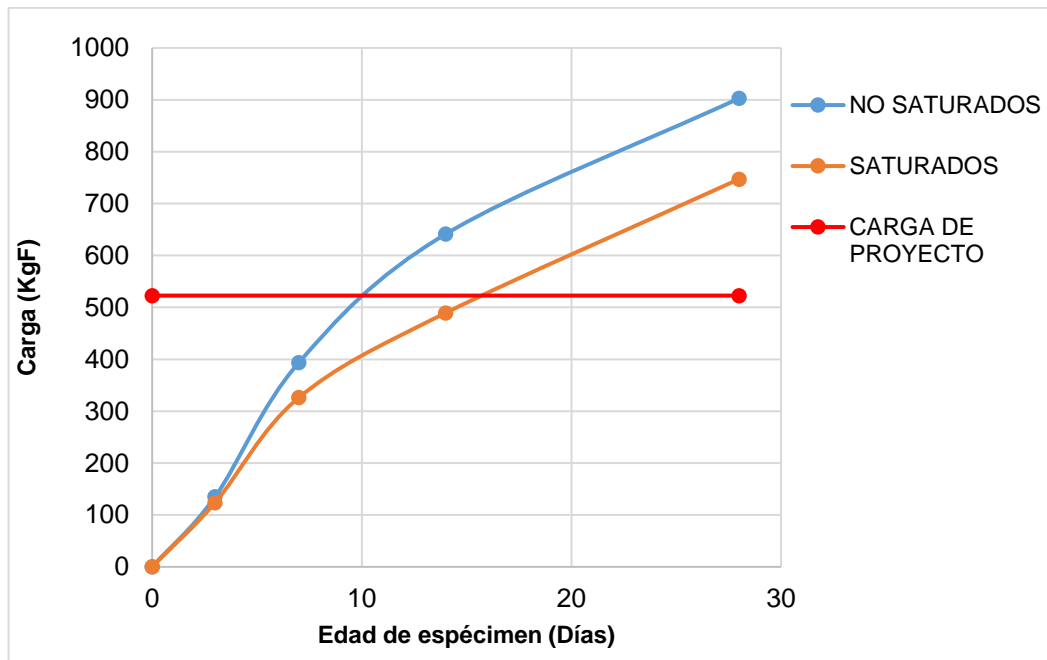


Imagen 68.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 20 % cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

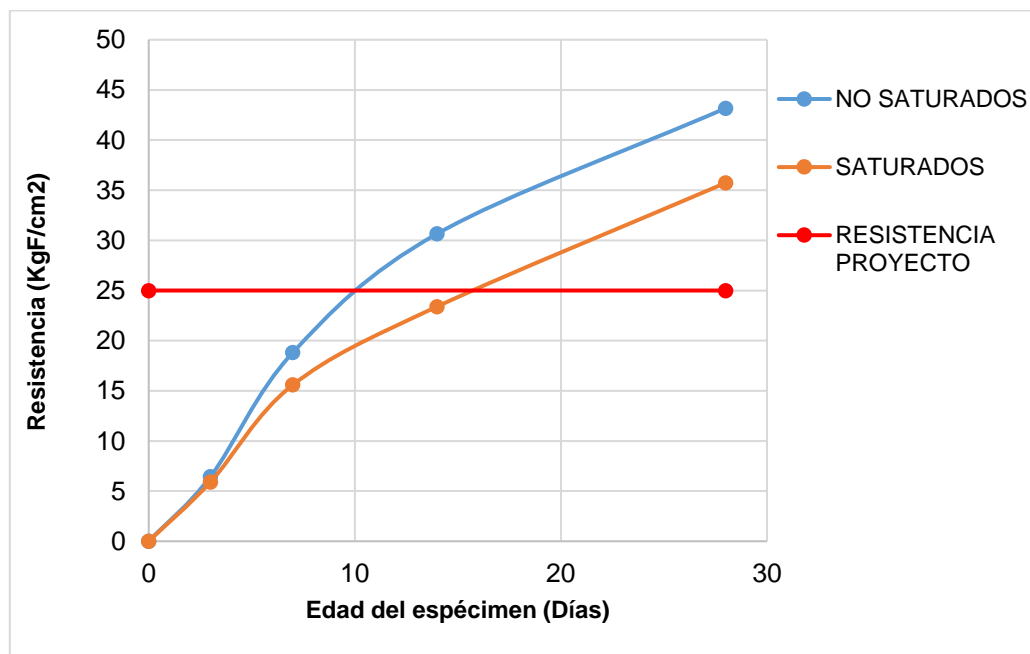


Imagen 69.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 20% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

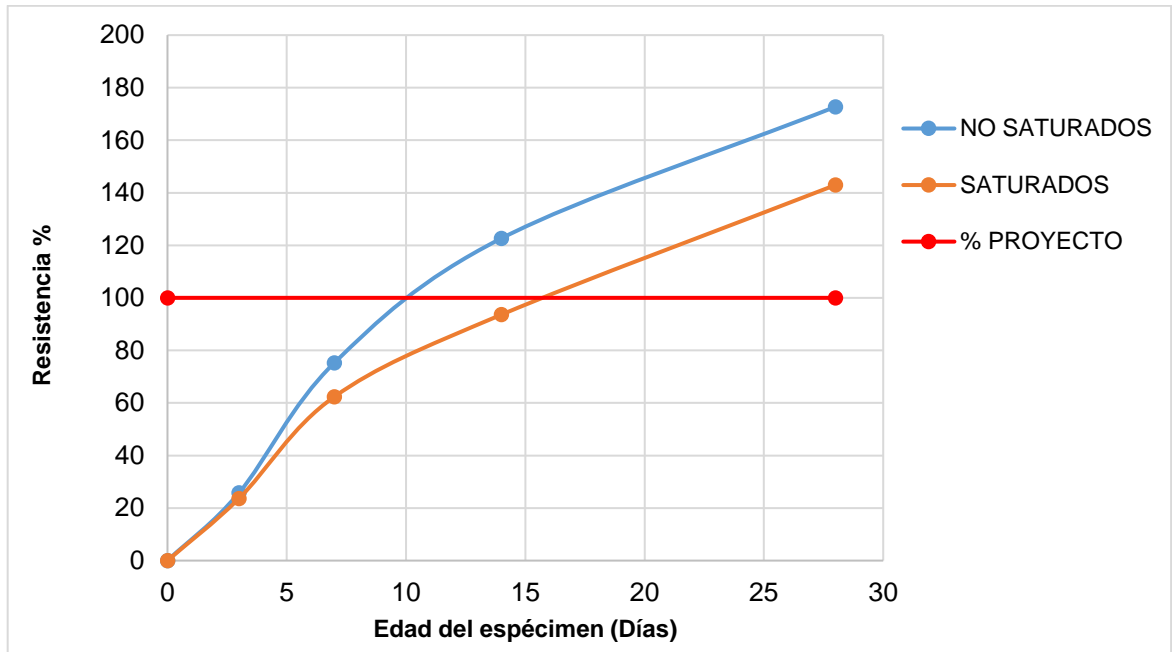


Imagen 70.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 20 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

Tabla 29.- Pesos volumétricos de especímenes con 20% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	20		0.1
No de cilindro	Edad de prueba Dias	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso del material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	805.40	1215.8	410.40	1970	1213.2	407.8	1958
2	3	809.80	1206.4	396.60	1904	1205	395.2	1897
3	7	795.60	1201.6	406.00	1949	1201	405.4	1946
4	7	801.00	1203	402.00	1930	1201	400.0	1920
5	14	800.60	1206.6	406.00	1949	1203	402.4	1932
6	14	788.20	1190.4	402.20	1931	1190	401.8	1929
7	28	801.20	1215.6	414.40	1989	1214.3	413.1	1983
8	28	800.60	1203.8	403.20	1936	1202.2	401.6	1928
SATURADOS								
9	3	814.00	1239.4	425.40	2042	1238.5	424.5	2038
10	3	796.60	1200	403.40	1937	1197.3	400.7	1924
11	7	791.60	1194.4	402.80	1934	1193.1	401.5	1927
12	7	796.20	1205.4	409.20	1964	1204.2	408.0	1959
13	14	948.40	1361.4	413.00	1983	1358.8	410.4	1970
14	14	799.00	1212	413.00	1983	1211	412.0	1978
15	28	794.00	1201	407.00	1954	1198.6	404.6	1942
16	28	797.80	1208.4	410.60	1971	1200	402.2	1931

4.1.4.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 30.-Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 20% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
986	975	193.1	8.74	8.74	8.31	3	14/sep/2018 Viernes
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.27	mm	61	506.91	2.63	37.27		
2.54	mm	116	963.96	4.99	70.88		
3.81	mm	153	1271.43	6.58	93.49		
5.08	mm	188	1562.28	8.09	114.87		
7.62	mm	286	2376.66	12.30	174.75		
10.16	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9860	9415	193.21	6.82	6.82	8.31	28	08/oct/2018 lunes
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.27	mm	104	864.24	4.47	63.55		
2.09	mm	345	2866.95	14.84	210.81		
3.81	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
4.54	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		

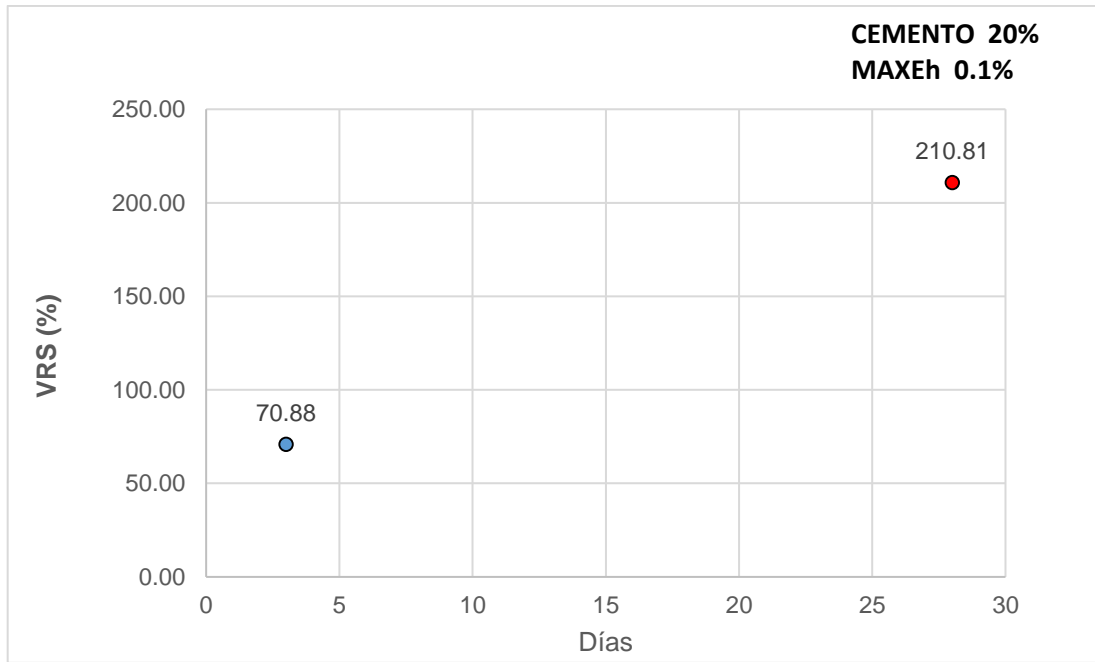


Imagen 71.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 20% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.

4.1.5.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1% MAXEh, 30% CEMENTO Y 69.9% SUELO.

4.1.5.1.- CILINDROS (PRUEBA A COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 31.-Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 30% cemento y 0.1 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua(lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de desmoldado	
12/sep/18 miercoles		30	14	2.85	0.1	20.91	13/sep/18 Jueves	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al desmoldar gr	Fecha a probar	EDAD Dias	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1511.2	1516.5	15/sep/18 sabado	3	37	62.27	2304	110.19
2	1537.2	1538.7	15/sep/18 sabado	3	38	62.27	2366.3	113.16
3	1525	1523.7	19/sep/18 miercoles	7	46	62.27	2864.4	136.99
4	1471.8	1517.3	19/sep/18 miercoles	7	40	62.27	2490.8	119.12
5	1507.4	1506.4	26/sep/18 miercoles	14	42	62.27	2615.3	125.08
6	1456.6	1507.4	26/sep/18 miercoles	14	40	62.27	2490.8	119.12
7	1481.4	1522.9	10/oct/18 miercoles	28	39	62.27	2428.5	116.14
8	1535.2	1576	10/oct/18 miercoles	28	33	62.27	2054.9	98.27
CILINDROS SATURADOS								
9	1493.4	1512.6	15/sep/18 sabado	3	31	62.27	1930.4	92.32
10	1472.8	1470.1	15/sep/18 sabado	3	33	62.27	2054.9	98.27
11	1490	1521.8	19/sep/18 miercoles	7	34	62.27	2117.2	101.25
12	1469.8	1494.5	19/sep/18 miercoles	7	41	62.27	2553.1	122.10
13	1472.2	1508.8	26/sep/18 miercoles	14	34	62.27	2117.2	101.25
14	1444.2	1487	26/sep/18 miercoles	14	32	62.27	1992.6	95.30
15	1491.8	1520.8	10/oct/18 miercoles	28	30	62.27	1868.1	89.34
16	1490.4	1488.3	10/oct/18 miercoles	28	33	62.27	2054.9	98.27
TEMPERATURA:				20° C				

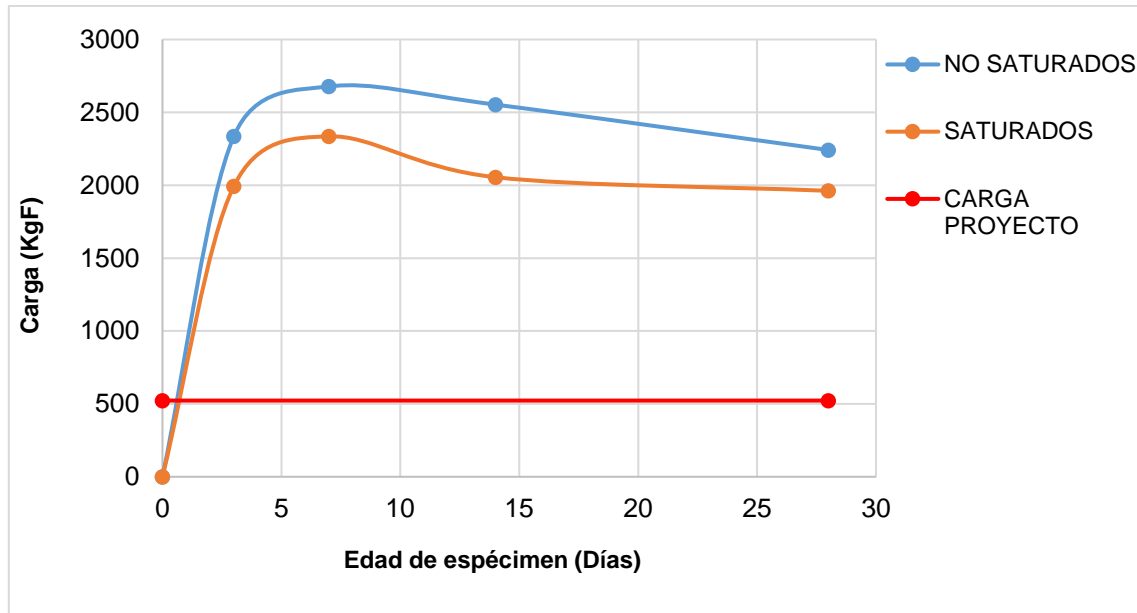


Imagen 72.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

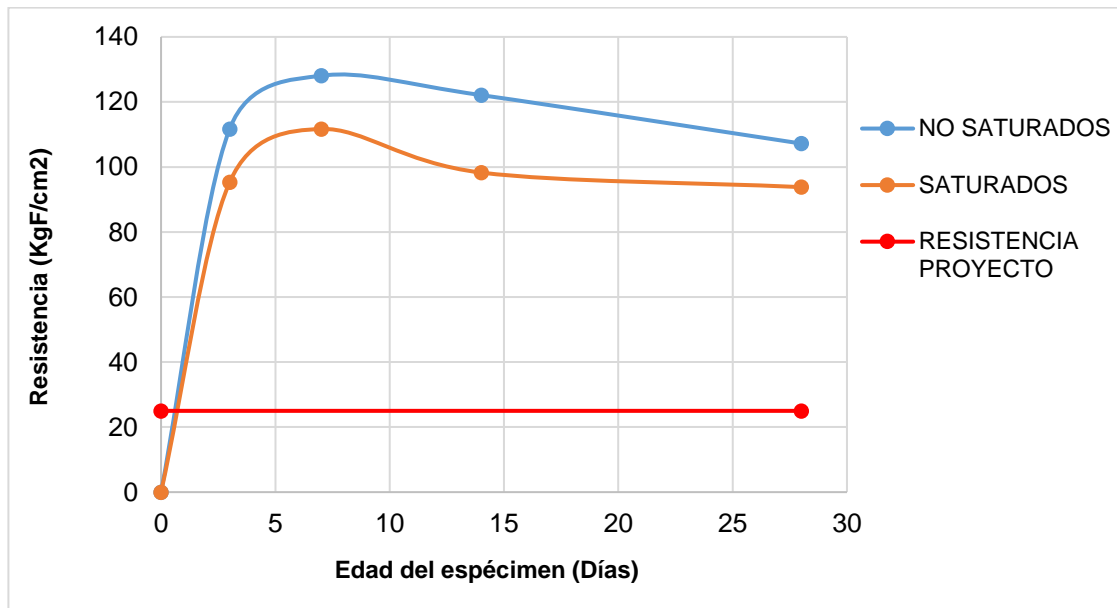


Imagen 73.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

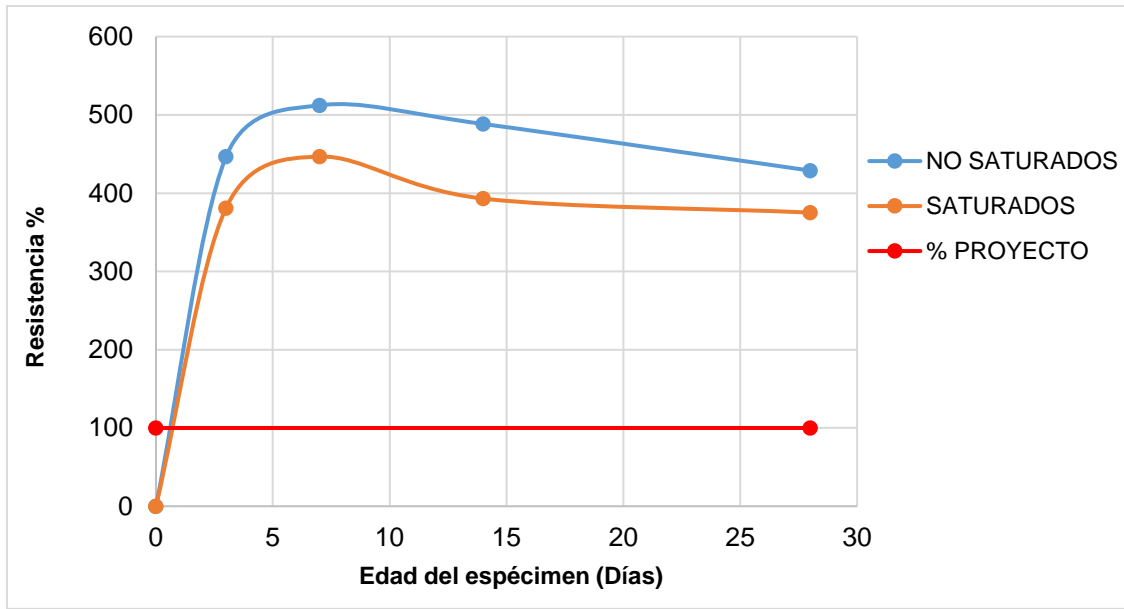


Imagen 74.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 30 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

Tabla 32.- Pesos volumétricos de especímenes con 30% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	30		0.1
No de cilindro	Edad de prueba Días	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso del material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	1100	1511.2	411.20	1974	1516.5	416.5	1999
2	3	1138	1537.2	399.20	1916	1538.7	400.7	1924
3	7	1138	1525.0	387.00	1858	1523.7	385.7	1852
4	7	1070	1471.8	401.80	1929	1517.3	447.3	2147
5	14	1108	1507.4	399.40	1917	1506.4	398.4	1913
6	14	1054	1456.6	402.60	1933	1507.4	453.4	2177
7	28	1080	1481.4	401.40	1927	1522.9	442.9	2126
8	28	1132	1535.2	403.20	1936	1576	444.0	2131
SATURADOS								
9	3	1090	1493.4	403.40	1937	1512.6	422.6	2029
10	3	1073	1472.8	399.80	1919	1470.1	397.1	1906
11	7	1100	1490.0	390.00	1872	1521.8	421.8	2025
12	7	1060	1469.8	409.80	1967	1494.5	434.5	2086
13	14	1082	1472.2	390.20	1873	1508.8	426.8	2049
14	14	1050	1444.2	394.20	1892	1487	437.0	2098
15	28	1090	1491.8	401.80	1929	1520.8	430.8	2068
16	28	1110	1490.4	380.40	1826	1488.3	378.3	1816

4.1.5.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 33.-Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 30% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9890	9720	193.1	7.81	7.81	8.31	3	16/sep/2018 domingo
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.16	mm	350	2908.5	15.06	213.86		
2.54	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
3.81	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.08	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
7.62	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
10.16	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9860	9415	193.21	6.82	6.82	8.31	28	10/oct/2018 miercoles
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.05	mm	343	2850.33	14.75	209.58		
2.09	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
3.81	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
4.54	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
0	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		

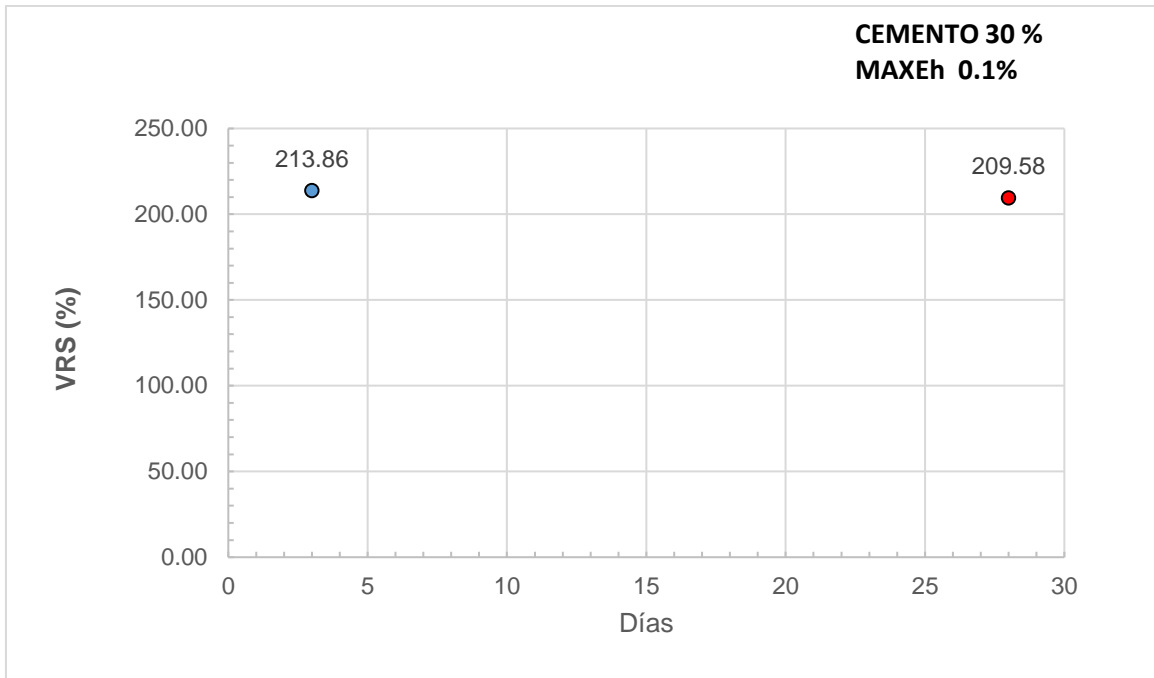


Imagen 75.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 30% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.

4.1.6.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.1%MAXEh, 40% CEMENTO Y 59.9% SUELO.

4.1.6.1.- CILINDROS (PRUEBA A COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 34.-Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 40% cemento y 0.1 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua(lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
12/sep/18 miercoles		40	12	3.15	0.1	20.91	13/sep/18 jueves	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1232.4	1233.4	15/sep/18 sabado	3	30	62.27	1868.1	89.34
2	1226	1226.6	15/sep/18 sabado	3	30	62.27	1868.1	89.34
3	1216.4	1217.4	19/sep/18 miercoles	7	32	62.27	1992.6	95.30
4	1216.6	1217.6	19/sep/18 miercoles	7	33	62.27	2054.9	98.27
5	1221.8	1222.5	26/sep/18 miercoles	14	43	62.27	2677.6	128.05
6	1206.4	1206	26/sep/18 miercoles	14	45	62.27	2802.2	134.01
7	1228.8	1229.9	10/oct/18 miercoles	28	34	62.27	2117.2	101.25
8	1220.6	1221.2	10/oct/18 miercoles	28	34	62.27	2117.2	101.25
CILINDROS SATURADOS								
9	1254	1255.2	15/sep/18 sabado	3	23	62.27	1432.2	68.49
10	1214.4	1214.9	15/sep/18 sabado	3	26	62.27	1619	77.43
11	1206.6	2107.2	19/sep/sep miercoles	7	32	62.27	1992.6	95.30
12	1225.6	1226.7	19/sep/sep miercoles	7	33	62.27	2054.9	98.27
13	1370.4	1371.2	26/sep/18 miercoles	14	47	62.27	2926.7	139.97
14	1226.4	1227	26/sep/18 miercoles	14	51	62.27	3175.8	151.88
15	1213.6	1213.7	10/oct/18 miercoles	28	40	62.27	2490.8	119.12
16	1222	1222.8	10/oct/18 miercoles	28	39	62.27	2428.5	116.14
TEMPERATURA:				22° C				

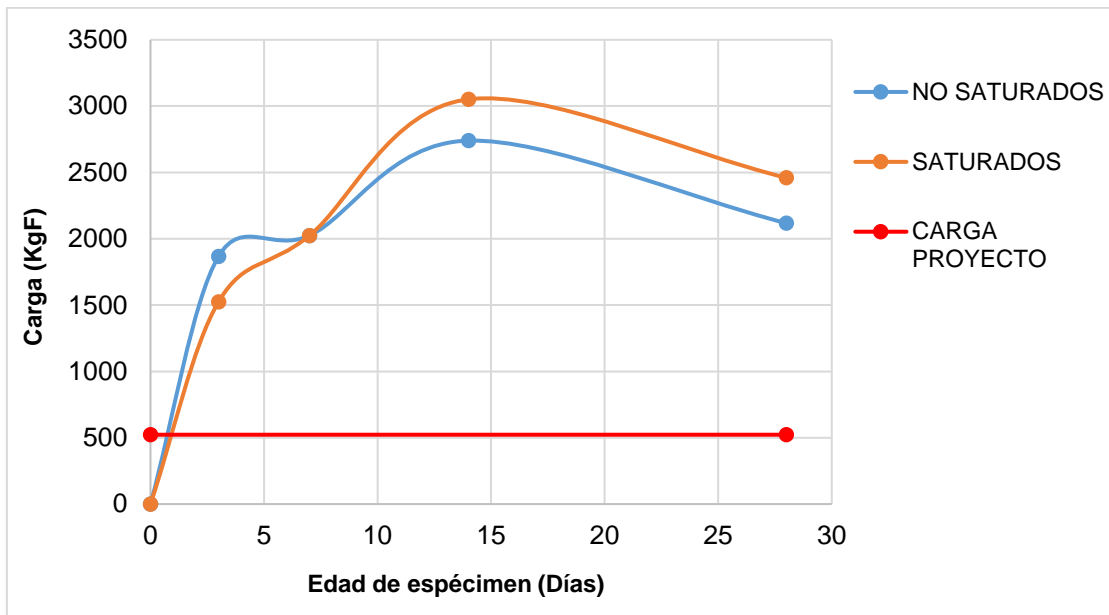


Imagen 76.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 40 % cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.

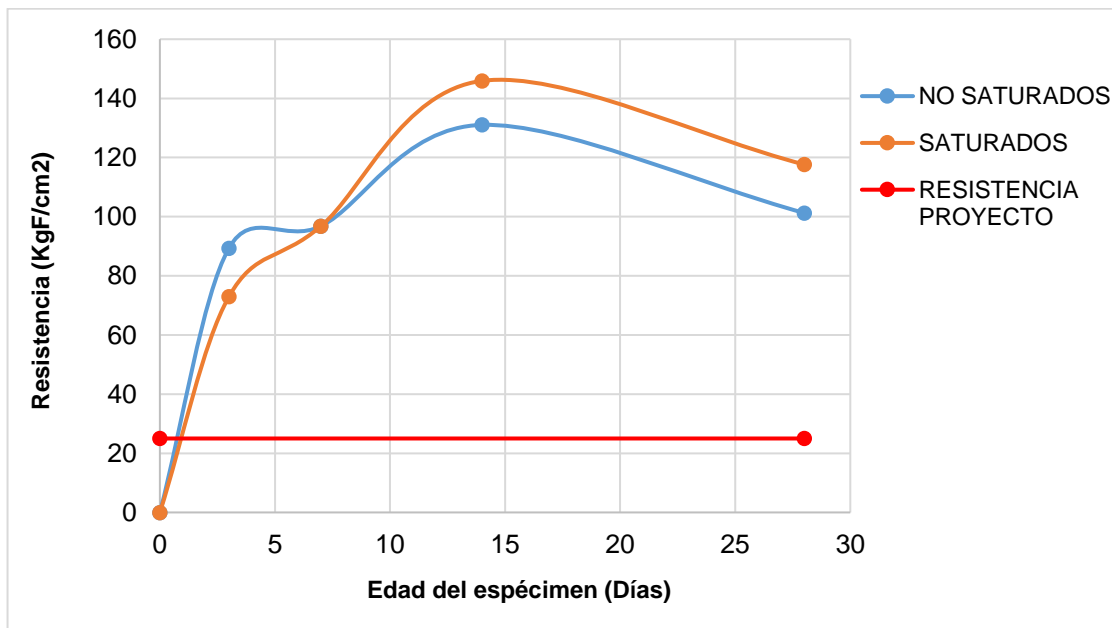


Imagen 77.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 40% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

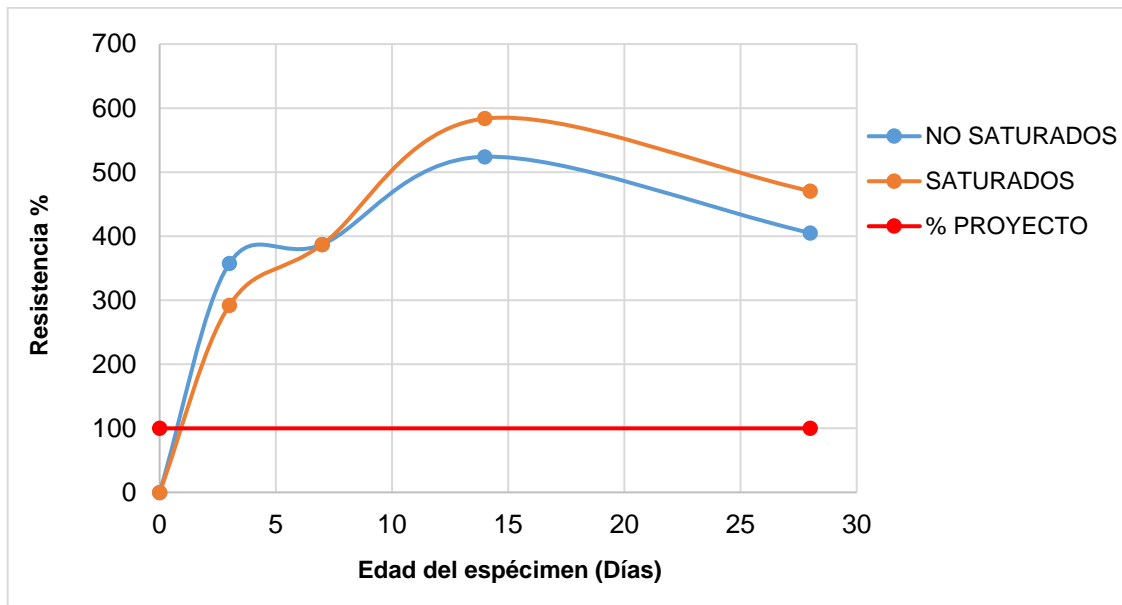


Imagen 78.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 40 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

Tabla 35.- Pesos volumétricos de especímenes con 40% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEH
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	40		0.1
No de cilindro	Edad de prueba Días	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso del material a edad de prueba gr	peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	805.40	1232.4	427.00	2050	1233.4	428.0	2055
2	3	809.80	1226.0	416.20	1998	1226.6	416.8	2001
3	7	795.60	1216.4	420.80	2020	1217.4	421.8	2025
4	7	801.00	1216.6	415.60	1995	1217.6	416.6	2000
5	14	800.60	1221.8	421.20	2022	1222.5	421.9	2025
6	14	788.20	1206.4	418.20	2008	1206.0	417.8	2006
7	28	801.20	1228.8	427.60	2053	1229.9	428.7	2058
8	28	800.60	1220.6	420.00	2016	1221.2	420.6	2019
SATURADOS								
9	3	814.00	1254.0	440.00	2112	1255.2	441.2	2118
10	3	796.60	1214.4	417.80	2006	1214.9	418.3	2008
11	7	791.60	1206.6	415.00	1992	1207.3	415.7	1996
12	7	796.20	1225.6	429.40	2061	1226.7	430.5	2067
13	14	948.40	1370.4	422.00	2026	1371.2	422.8	2030
14	14	799.00	1226.4	427.40	2052	1227.0	428.0	2055
15	28	794.00	1213.6	419.60	2014	1213.7	419.7	2015
16	28	797.80	1222.0	424.20	2036	1222.8	425.0	2040

4.1.6.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 36.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 40% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
1007	998	193.1	4.59	4.58	8.31	3	16/sep/2018 domingo
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.27	mm	227	1886.37	9.77	138.70		
1.6	mm	340	2825.4	14.63	207.75		
3.81	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.08	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
7.62	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
10.16	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
1005	996	193.21	5.94	6	8.31	28	10/oct/2018 miercoles
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.08	mm	350	2908.5	15.05	213.86		
2.54	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
3.81	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.08	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
7.62	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
10.16	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		

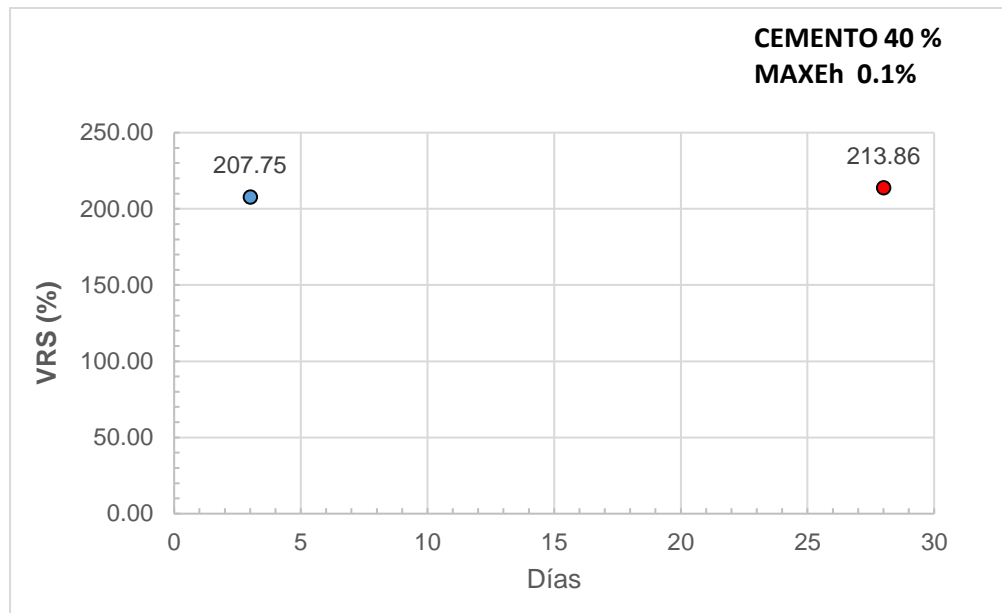


Imagen 79.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 40% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.

4.2.- Tablas, gráficas y resultados de los proporcionamientos para especímenes en condiciones saturadas y no saturadas con 0.3% de aditivo MAXEh.

4.2.1.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 5% CEMENTO Y 94.7% SUELO.

Los siguientes resultados de proporcionamientos, se obtuvieron durante el proceso de elaboración de la mezcla de suelo-cemento fluido con el 0.3 % de aditivo MAXEh, para 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 % y 40 % de cemento.

4.2.1.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 37.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 5% cemento y 0.3 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua(lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de desmoldado	
12/sep/18 miercoles		5	10	3.3	0.3	20.91	13/sep/18 jueves	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al desmoldar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1501	1498.6	17/sep/18 sábado	3	1.6	56.25	90.00	4.30
2	1407.4	1405.2	17/sep/18 sábado	3	1.7	56.25	95.63	4.57
3	1496	1494.3	19/sep/18 miercoles	7	1.5	56.25	84.38	4.04
4	1477.8	1476.8	19/sep/18 miercoles	7	1.4	56.25	78.75	3.77
5	1451.4	1450.1	26/sep/18 miercoles	14	1.8	56.25	101.25	4.84
6	1487.2	1486.9	26/sep/18 miercoles	14	1.6	56.25	90.00	4.30
7	1448.6	1446.9	10/oct/18 miercoles	28	1.8	56.25	101.25	4.84
8	1477	1497.9	10/oct/18 miercoles	28	1.8	56.25	101.25	4.84
CILINDROS SATURADOS								
9	1355.2	1474.7	17/sep/18 sabado	3	1.6	56.25	90	4.30
10	1462.8	1462.4	17/sep/18 sabado	3	1.5	56.25	84.375	4.04
11	1355.6	1354.3	19/sep/18 miercoles	7	1.5	56.25	84.375	4.04
12	1433.6	1429.9	19/sep/18 miercoles	7	1.5	56.25	84.375	4.04
13	1511	1509.8	26/sep/18 miercoles	14	1.6	56.25	90	4.30
14	1234.4	1230.6	26/sep/18 miercoles	14	1.6	56.25	90	4.30
15	1459.4	1455.7	10/oct/18 miercoles	28	1.8	56.25	101.25	4.84
16	1504	1503.1	10/oct/18 miercoles	28	1.8	56.25	101.25	4.84
TEMPERATURA:				22° C				

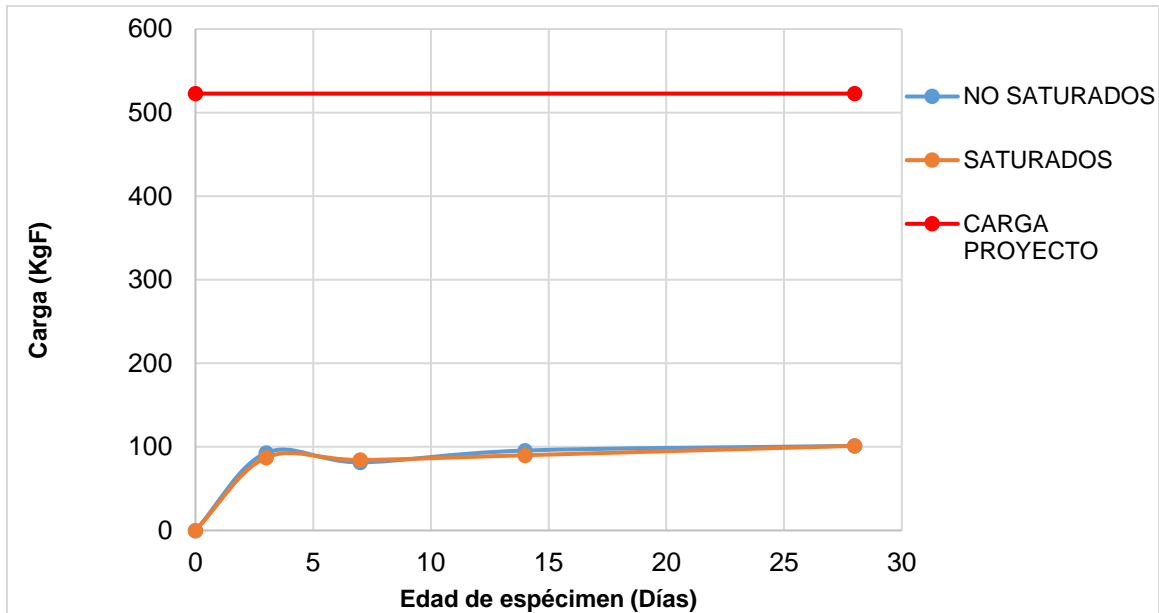


Imagen 80.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

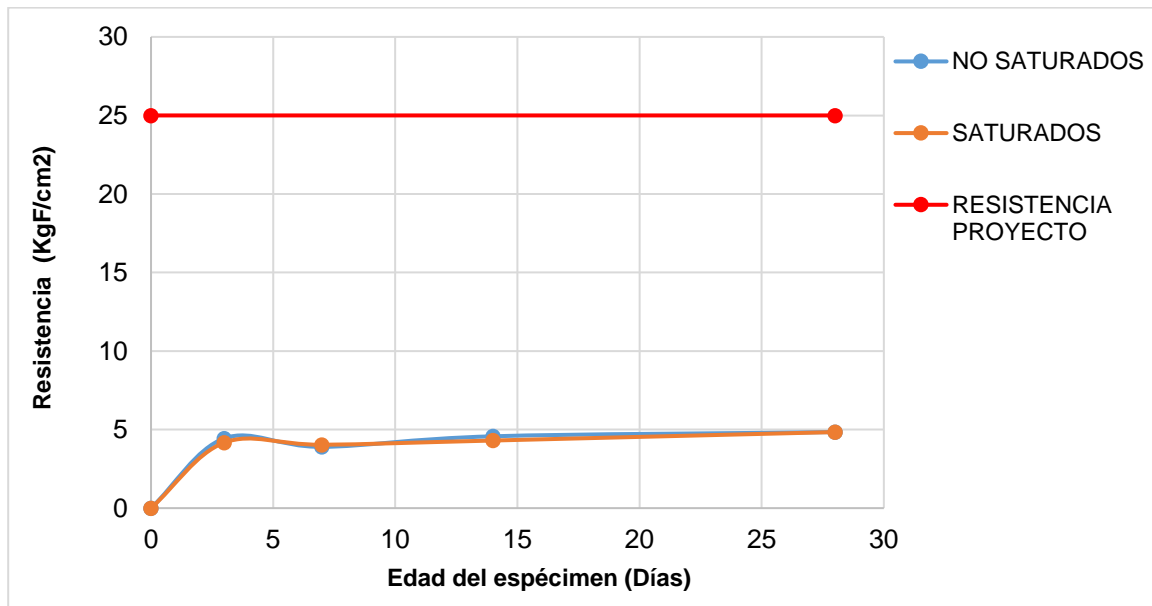


Imagen 81.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

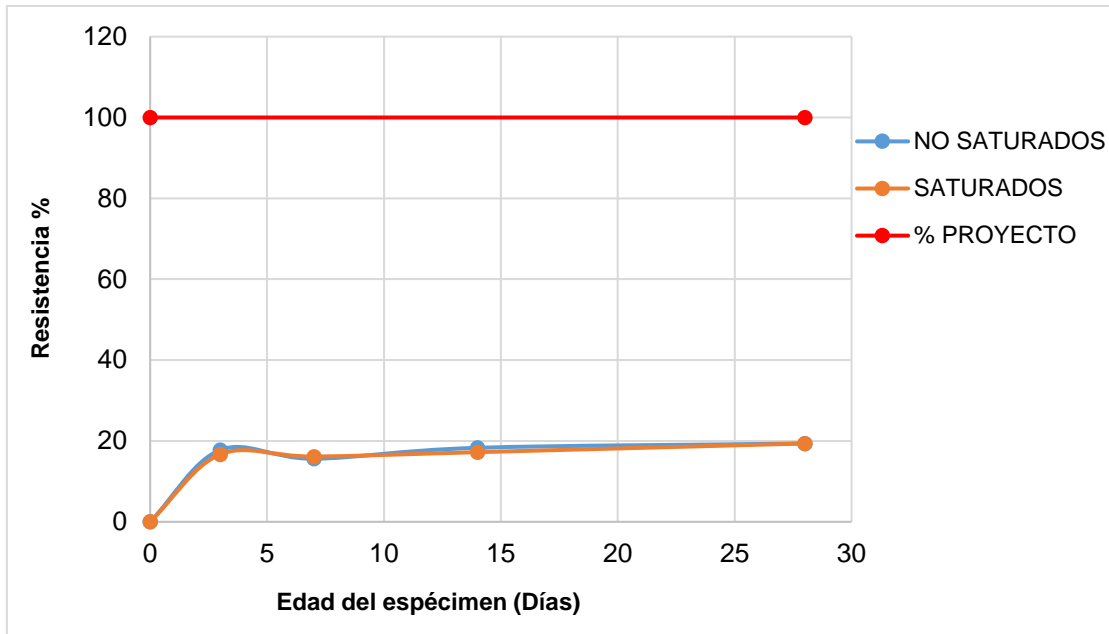


Imagen 82.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 5 % cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

Tabla 38.- Pesos volumétricos de especímenes con 5% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	5		0.3
No de cilindro	Edad de prueba Dias	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso del material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	1100	1501.0	401.00	1925	1498.6	398.6	1914
2	3	1020	1407.4	387.40	1860	1405.2	385.2	1849
3	7	1138	1496.0	358.00	1719	1494.3	356.3	1710
4	7	1080	1477.8	397.80	1910	1476.8	396.8	1905
5	14	1070	1451.4	381.40	1831	1450.1	380.1	1825
6	14	1090	1487.2	397.20	1907	1486.9	396.9	1905
7	28	1050	1448.6	398.60	1914	1446.9	396.9	1905
8	28	1078	1477.0	399.00	1915	1497.9	419.9	2016
SATURADOS								
9	3	1050	1355.2	305.20	1465	1455	405.0	1944
10	3	1065	1462.8	397.80	1910	1462.4	397.4	1908
11	7	958	1355.6	397.60	1909	1354.3	396.3	1902
12	7	1034	1433.6	399.60	1918	1429.9	395.9	1901
13	14	1110	1511.0	401.00	1925	1509.8	399.8	1919
14	14	820	1234.4	414.40	1989	1230.6	410.6	1971
15	28	1050	1459.4	409.40	1965	1455.7	405.7	1948
16	28	1105	1504.0	399.00	1915	1503.1	398.1	1911

4.2.1.2.- MOLDES (VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 39.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 5% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
986	977	193.1	7.81	7.81	8.31	3	16/sep/2018 domingo
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	48	398.88		2.07		29.33
2.54	mm	90	747.9		3.87		54.99
3.81	mm	125	1038.75		5.38		76.38
5.08	mm	151	1254.81		6.50		92.27
7.62	mm	190	1578.9		8.18		116.10
10.16	mm	235	1952.85		10.11		143.59
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9.73	9.67	193.21	4.69	4.7	8.31	28	10/oct/2018 miércoles
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	64	531.84		2.75		39.11
2.54	mm	107	889.17		4.60		65.38
3.81	mm	141	1171.71		6.06		86.16
5.08	mm	168	1396.08		7.23		102.65
7.62	mm	208	1728.48		8.95		127.09
8.2	mm	220	1828.2		9.46		134.43
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto

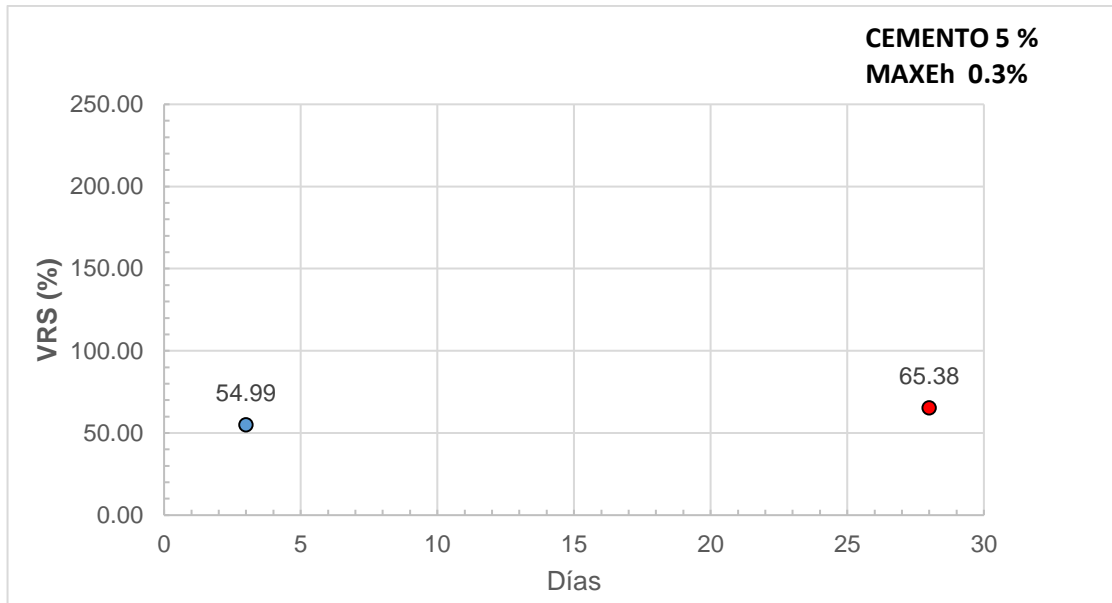


Imagen 83.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 5% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.

4.2.2.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 10% CEMENTO Y 89.7% SUELO

4.2.2.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 40.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 10% cemento y 0.3 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
20/sep/18 jueves		10	9	3.7	0.3	20.91	21/sep/18 viernes	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1205	1204.6	23/sep/18 domingo	3	3.3	56.25	185.63	8.88
2	1194.2	1189.9	23/sep/18 domingo	3	3.1	56.25	174.38	8.34
3	1191	1187.8	27/sep/18 jueves	7	3.2	56.25	180	8.61
4	1188.8	1189.1	27/sep/18 jueves	7	3.6	56.25	202.5	9.68
5	1196.8	1195.1	4/oct/18 jueves	14	4.6	56.25	258.75	12.37
6	1184.4	1181.8	4/oct/18 jueves	14	4.6	56.25	258.75	12.37
7	1207.8	1207.9	18/oct/18 jueves	28	4.6	56.25	258.75	12.37
8	1193.6	1194.6	18/oct/18 jueves	28	6.1	56.25	343.13	16.41
CILINDROS SATURADOS								
9	1231.4	1271.1	23/sep/18 domingo	3	2.9	56.25	163.13	7.80
10	1186.2	1185.9	23/sep/18 domingo	3	2.8	56.25	157.5	7.53
11	1186.6	1185.7	27/sep/18 jueves	7	3.2	56.25	180	8.61
12	1190	1190	27/sep/18 jueves	7	3.6	56.25	202.5	9.68
13	1349.8	1349.7	4/oct/18 jueves	14	3.6	56.25	202.5	9.68
14	1202.2	1202.6	4/oct/18 jueves	14	3.8	56.25	213.75	10.22
15	1195.2	1192.7	18/oct/18 jueves	28	4.7	56.25	264.38	12.64
16	1200	1196	18/oct/18 jueves	28	4.4	56.25	247.5	11.84
TEMPERATURA:				24° C				

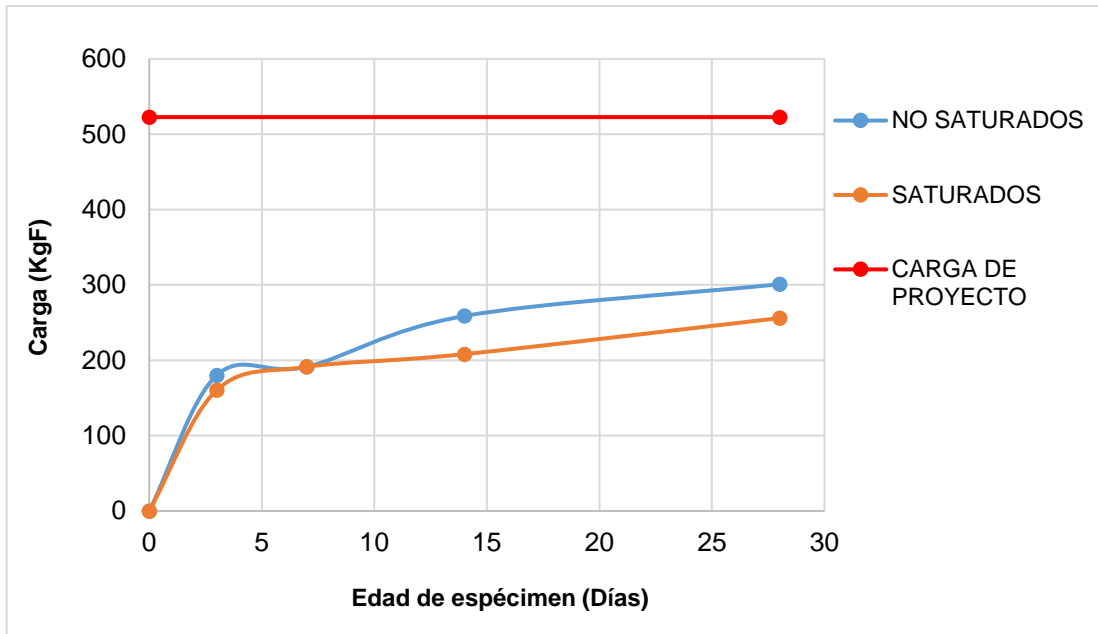


Imagen 84.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 10% cemento y 0.3% de aditivo MAXEH.

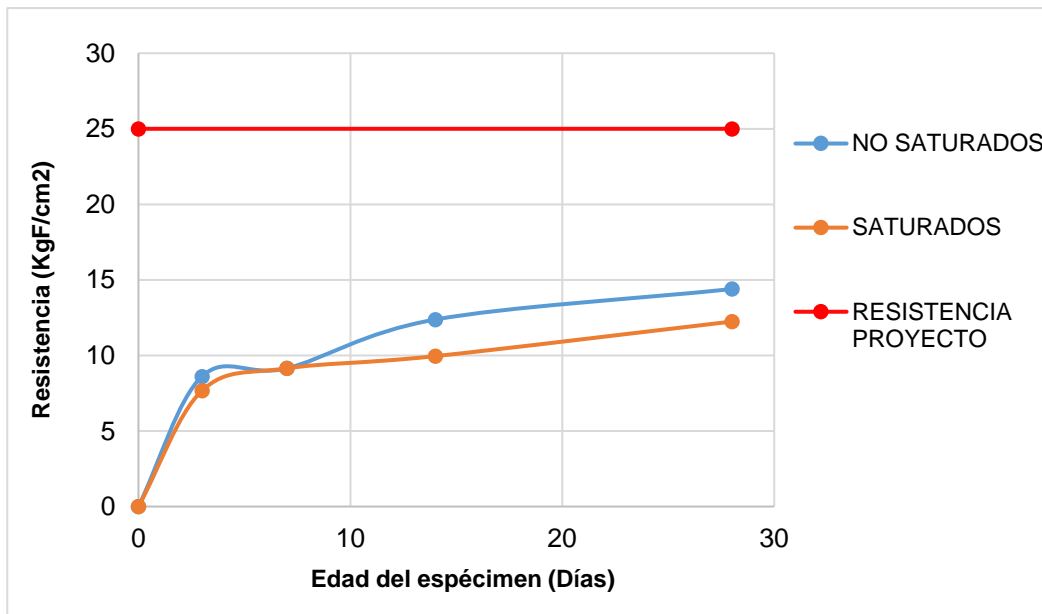


Imagen 85.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 10% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

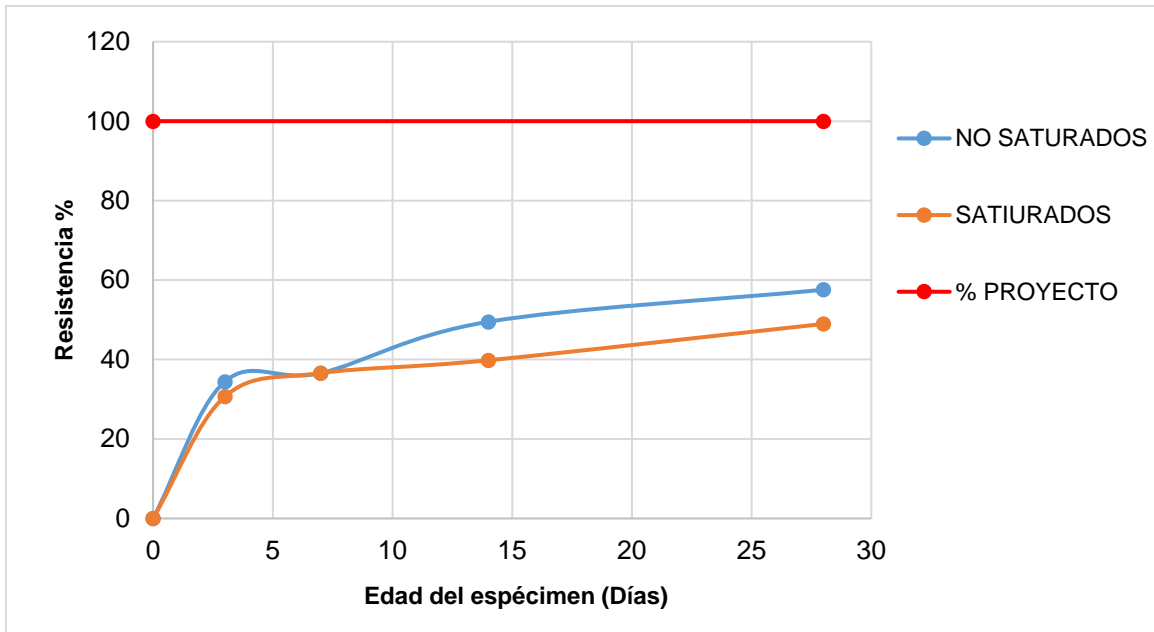


Imagen 86.-Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los espécimenes saturados y no saturados, con 10 % cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

Tabla 41.- Pesos volumétricos de especímenes con 10% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	10		0.3
No de cilindro	Edad de prueba Dias	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso de material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso de material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	805.40	1205	399.60	1918	1204.6	399.2	1916
2	3	809.80	1194.2	384.40	1845	1189.9	380.1	1825
3	7	795.60	1191	395.40	1898	1187.8	392.2	1883
4	7	801.00	1188.8	387.80	1862	1189.1	388.1	1863
5	14	800.60	1196.8	396.20	1902	1195.1	394.5	1894
6	14	788.20	1184.4	396.20	1902	1181.8	393.6	1890
7	28	801.20	1207.8	406.60	1952	1207.9	406.7	1952
8	28	800.60	1193.6	393.00	1887	1194.6	394.0	1891
SATURADOS								
9	3	814.00	1231.4	417.40	2004	1271.1	457.1	2194
10	3	796.60	1186.2	389.60	1870	1185.9	389.3	1869
11	7	791.60	1186.6	395.00	1896	1185.7	394.1	1892
12	7	796.20	1190	393.80	1890	1190	393.8	1890
13	14	948.40	1349.8	401.40	1927	1349.7	401.3	1926
14	14	799.00	1202.2	403.20	1936	1202.6	403.6	1938
15	28	794.00	1195.2	401.20	1926	1192.7	398.7	1914
16	28	797.80	1200	402.20	1931	1196	398.2	1912

4.2.2.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 42.-Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 10% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9760	9750	193.1	9.81	9.81	8.31	3	23/sep/2018 domingo
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	70	581.7		3.01		42.77
2.54	mm	169	1404.39		7.27		103.26
3.81	mm	226	1878.06		9.73		138.09
5.08	mm	267	2218.77		11.49		163.14
5.93	mm	300	2493		12.91		183.31
10.16	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9740	9722	193.21	8.48	8.46	8.31	28	18/oct/2018 miercoles
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	64	531.84		2.75		39.11
2.54	mm	200	1662		8.60		122.21
3.81	mm	336	2792.16		14.45		205.31
5.08	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
7.62	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
8.2	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto

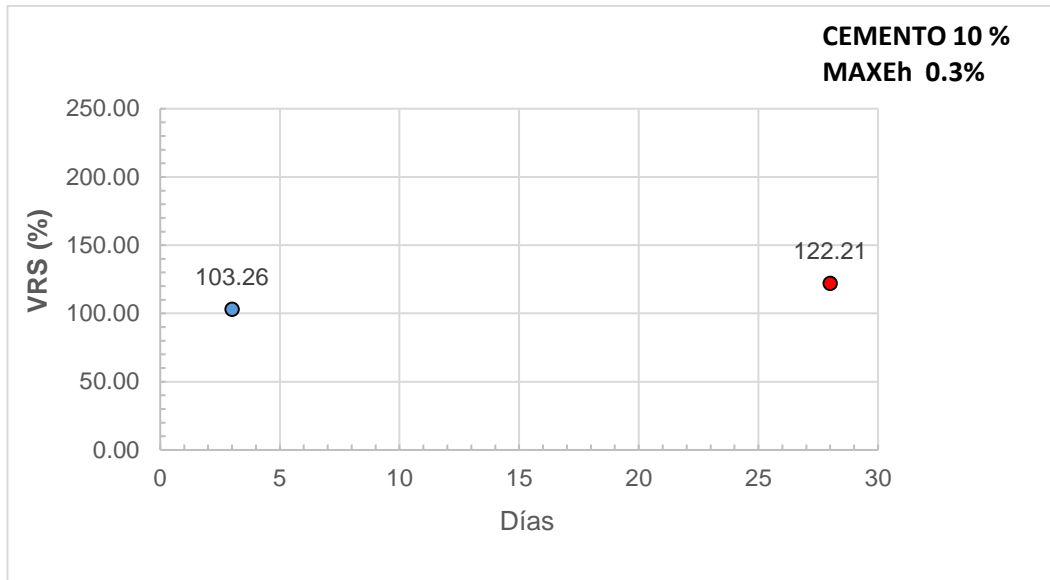


Imagen 87.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 10% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEH.

4.2.3.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 15% CEMENTO Y 84.7% SUELO

4.2.3.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 43.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 15% cemento y 0.3 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
20/sep/18 jueves		15	8	3.25	0.3	20.91	21/sep/18 viernes	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Dias	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1508	1504.7	23/sep/18 domingo	3	5.9	56.25	331.88	15.87
2	1530.2	1524.6	23/sep/18 domingo	3	6.3	56.25	354.38	16.95
3	1511.8	1509.1	27/sep/18 jueves	7	7.9	56.25	444.38	21.25
4	1505	1501.6	27/sep/18 jueves	7	7	56.25	393.75	18.83
5	1494.6	1488.9	4/oct/18 jueves	14	6.8	56.25	382.5	18.29
6	1498.8	1492.7	4/oct/18 jueves	14	6.8	56.25	382.5	18.29
7	1511.6	1507.2	18/oct/18 jueves	28	10.4	56.25	585	27.98
8	1565.2	1560.3	se rompio al descimbrar	28	13	62.27	809.51	38.71
CILINDROS SATURADOS								
9	1503.4	1497	23/sep/18 domingo	3	4.8	56.25	270	12.91
10	1462	1457.3	23/sep/18 domingo	3	5.2	56.25	292.5	13.99
11	1513.4	1506	27/sep/18 jueves	7	7.1	56.25	399.38	19.10
12	1486.4	1482.9	27/sep/18 jueves	7	7.1	56.25	399.38	19.10
13	1496.6	1493.4	4/oct/18 jueves	14	8.6	56.25	483.75	23.13
14	1478.8	1475.2	4/oct/18 jueves	14	8	56.25	450	21.52
15	1503	1500.2	18/oct/18 jueves	28	9	62.27	560.43	26.80
16	1478.6	1474.3	18/oct/18 jueves	28	8	62.27	498.16	23.82
TEMPERATURA:				23° C				

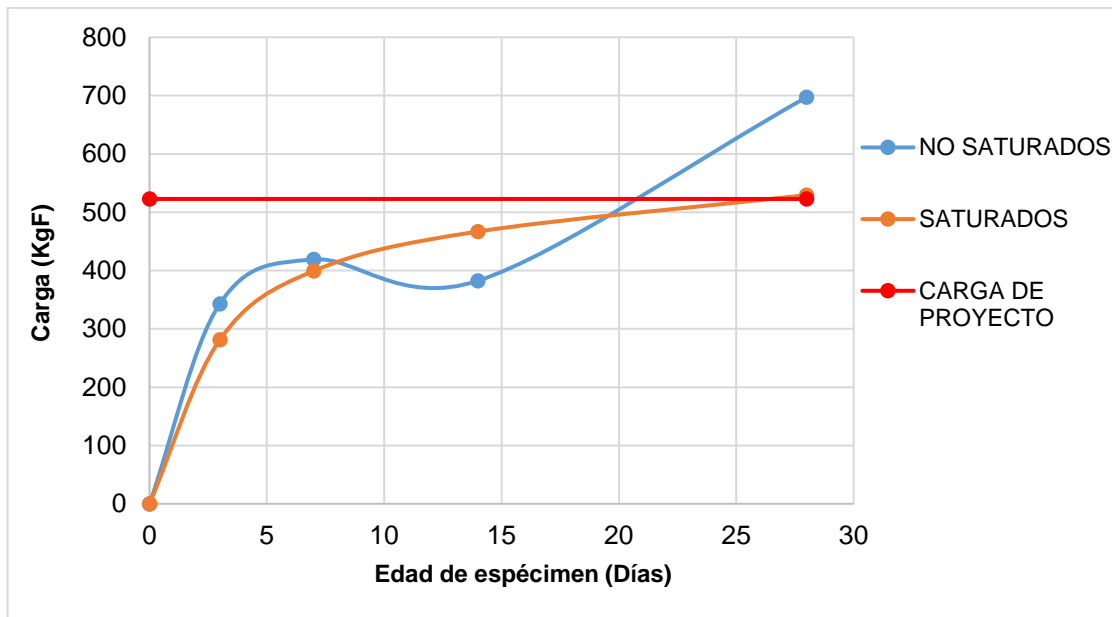


Imagen 88.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 15% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

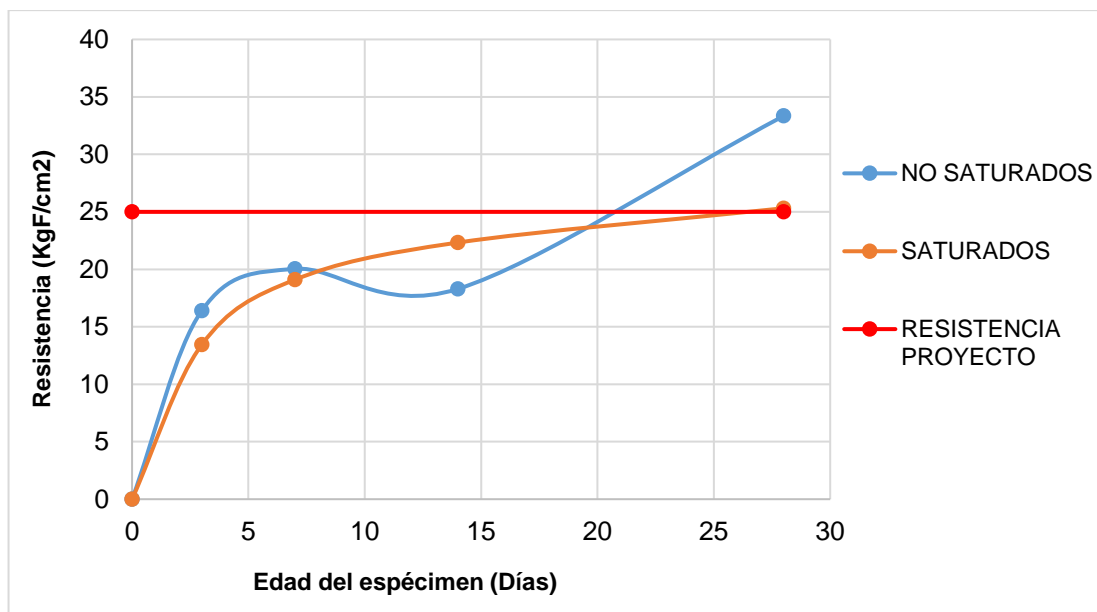


Imagen 89.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 15% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

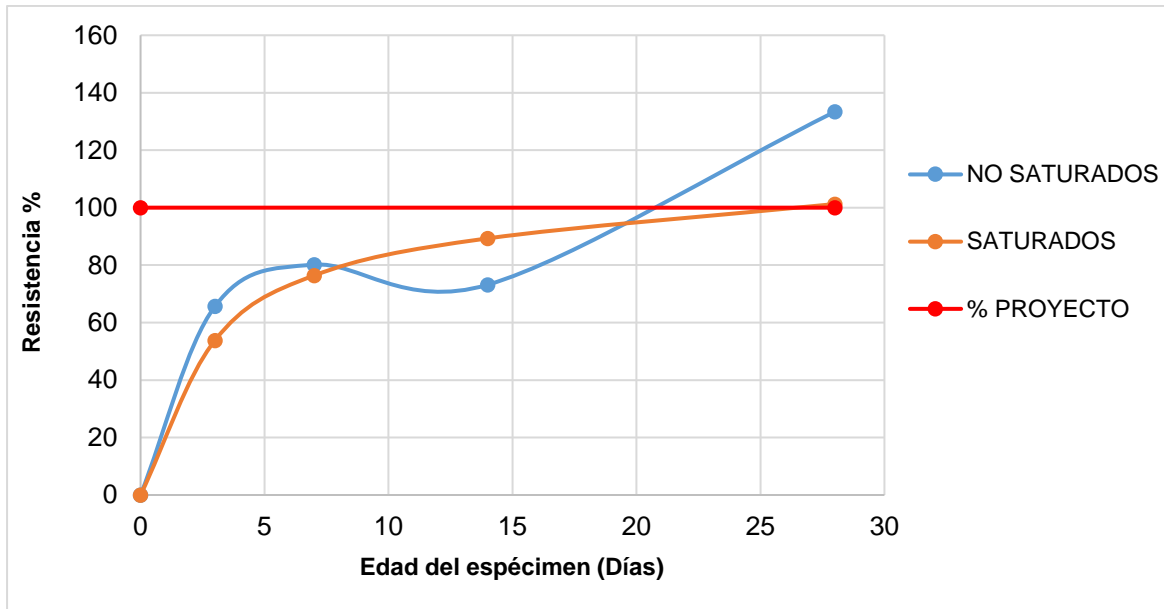


Imagen 90.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 15 % cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

Tabla 44.- Pesos volumétricos de especímenes con 15% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	15		0.3
No de cilindro	Edad de prueba Dias	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso del material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso del material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	1132.00	1508	376.00	1805	1504.7	372.7	1789
2	3	1138.00	1530.2	392.20	1883	1524.6	386.6	1856
3	7	1129.00	1511.8	382.80	1838	1509.1	380.1	1825
4	7	1133.00	1505	372.00	1786	1501.6	368.6	1770
5	14	1129.00	1494.6	365.60	1755	1488.9	359.9	1728
6	14	1132.00	1498.8	366.80	1761	1492.7	360.7	1732
7	28	1130.00	1511.6	381.60	1832	1507.2	377.2	1811
8	28	1131.00	1565.2	434.20	2084	1560.3	429.3	2061
SATURADOS								
9	3	1120.00	1503.4	383.40	1841	1497	377.0	1810
10	3	1132.00	1462	330.00	1584	1457.3	325.3	1562
11	7	1133.00	1513.4	380.40	1826	1506	373.0	1791
12	7	1138.00	1486.4	348.40	1673	1482.9	344.9	1656
13	14	1139.00	1496.6	357.60	1717	1493.4	354.4	1701
14	14	1132.00	1478.8	346.80	1665	1475.2	343.2	1648
15	28	1129.00	1503	374.00	1795	1500.2	371.2	1782
16	28	1130.00	1478.6	348.60	1673	1474.3	344.3	1653

4.2.3.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 45.-Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 15% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
989	987	193.1	7.77	7.77	8.31	3	23/sep/2018 domingo
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.27	mm	14	116.34	0.60	8.55		
2.54	mm	105	872.55	4.52	64.16		
3.81	mm	330	2742.3	14.20	201.64		
5.08	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.93	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
10.16	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
9740	9722	193.21	7.96	7.97	8.31	28	18/oct/2018 jueves
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm ²	VRS (%)			
1.27	mm	106	880.86	4.56	64.77		
2.18	mm	345	2866.95	14.84	210.81		
3.81	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.08	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
7.62	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
8.2	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		

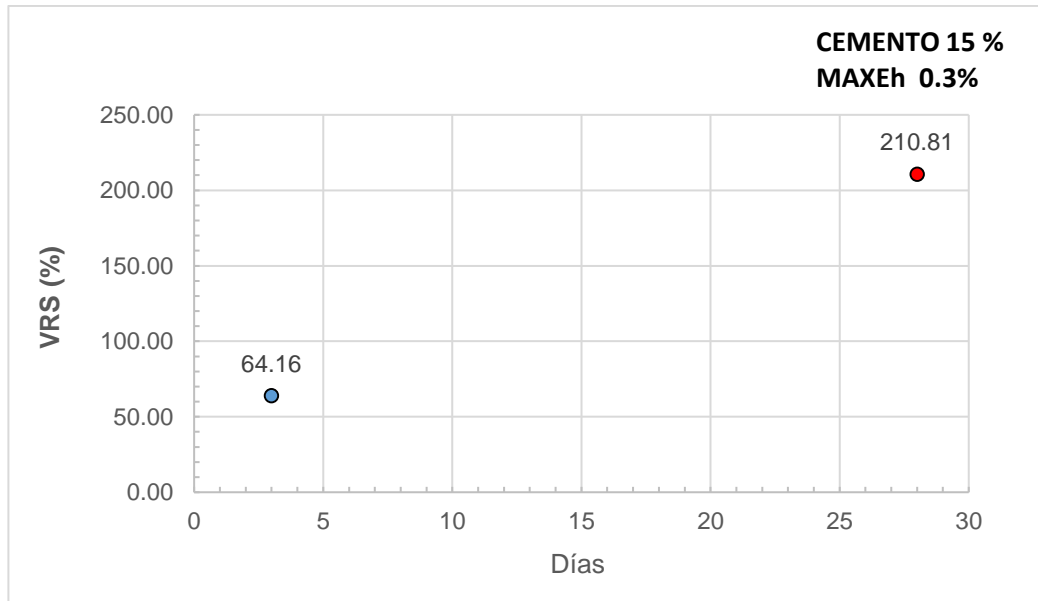


Imagen 91.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 15% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.

4.2.4.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEH, 20% CEMENTO Y 79.7% SUELO

4.2.4.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 46.-Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 20% cemento y 0.3 de aditivo MAXEH.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEH	Área (cm)	Fecha de desmoldado	
20/sep/18 jueves		20	12	3.2	0.3	20.91	21/sep/18 viernes	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al desmoldar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm2
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1525.2	1518.1	23/sep/18 domingo	3	17	62.27	1058.6	50.63
2	1431.2	1426.1	23/sep/18 domingo	3	15	62.27	934.05	44.67
3	1517.4	1512.3	27/sep/18 jueves	7	19	62.27	1183.1	56.58
4	1493	1489.3	27/sep/18 jueves	7	18	62.27	1120.9	53.60
5	1475.2	1472.9	4/oct/18 jueves	14	20	62.27	1245.4	59.56
6	1512.2	1508.1	4/oct/18 jueves	14	26	62.27	1619	77.43
7	1469.2	1463.3	18/oct/18 jueves	28	20	62.27	1245.4	59.56
8	1513.6	1510.9	18/oct/18 jueves	28	19	62.27	1183.1	56.58
CILINDROS SATURADOS								
9	1496.4	1494.1	23/sep/18 domingo	3	13	62.27	809.51	38.71
10	1487.2	1485.5	23/sep/18 domingo	3	16	62.27	996.32	47.65
11	1373.4	1370	27/sep/18 jueves	7	18	62.27	1120.9	53.60
12	1457.2	1454	27/sep/18 jueves	7	17	62.27	1058.6	50.63
13	1525.4	1527	4/oct/18 jueves	14	20	62.27	1245.4	59.56
14	1484.8	1479.1	4/oct/18 jueves	14	17	62.27	1058.6	50.63
15	1255.2	1252.2	18/oct/18 jueves	28	18	62.27	1120.9	53.60
16	1531.4	1521.5	18/oct/18 jueves	28	15	62.27	934.05	44.67
TEMPERATURA:				25° C				

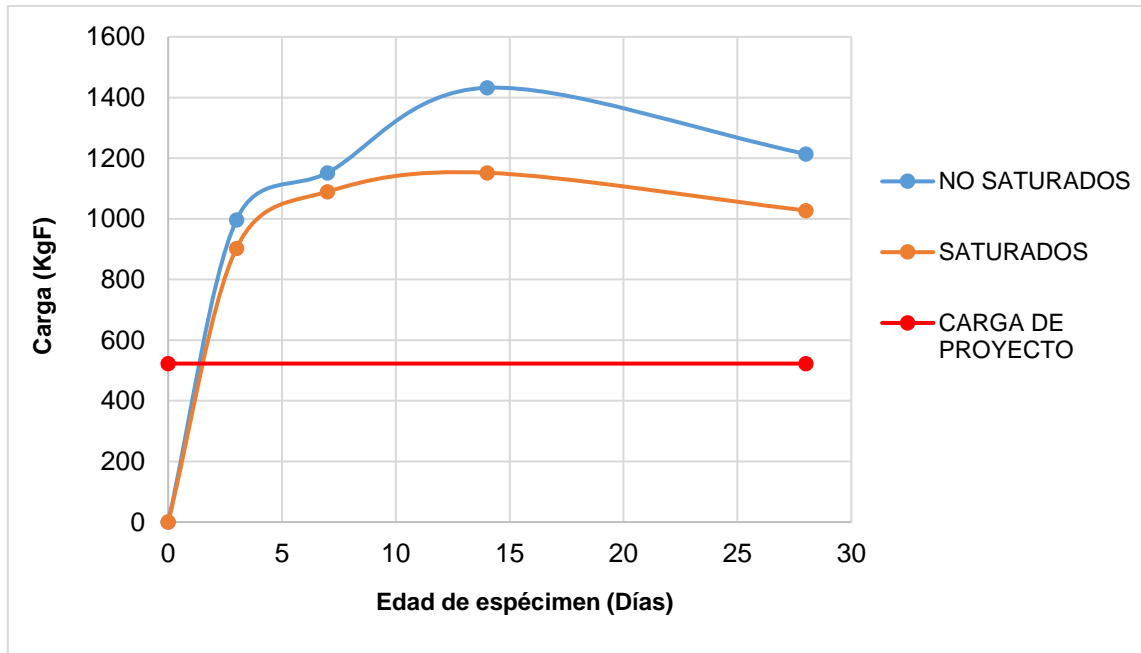


Imagen 92.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 20% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

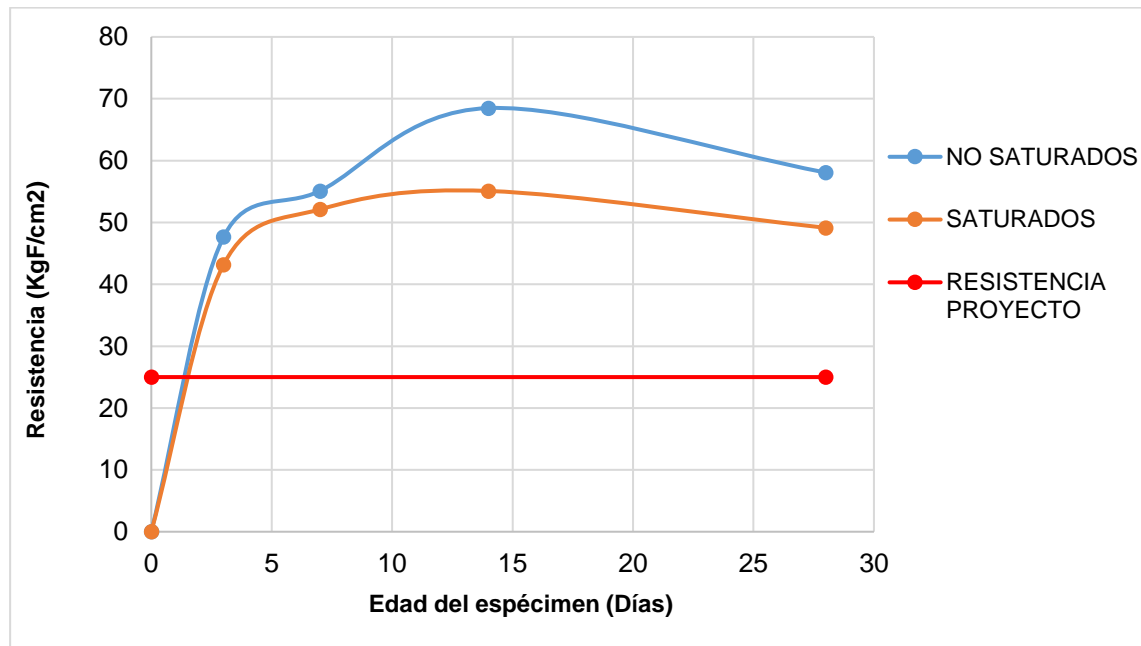


Imagen 93.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 20% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

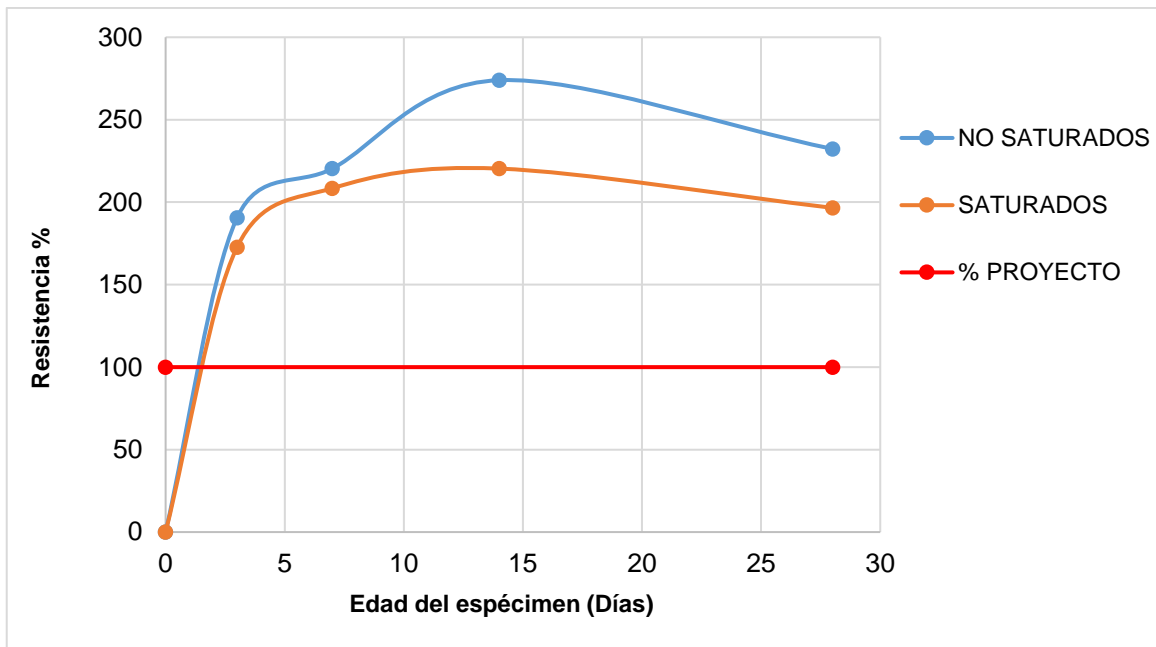


Imagen 94.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 20% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

Tabla 47.- Pesos volumétricos de especímenes con 20% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	20		0.3
No de cilindro	Edad de prueba Días	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso de material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso de material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	1132	1525.2	393.20	1888	1518.1	386.1	1854
2	3	1138	1431.2	293.20	1408	1426.1	288.1	1383
3	7	1129	1517.4	388.40	1865	1512.3	383.3	1840
4	7	1133	1493	360.00	1728	1489.3	356.3	1710
5	14	1129	1475.2	346.20	1662	1472.9	343.9	1651
6	14	1132	1512.2	380.20	1825	1508.1	376.1	1806
7	28	1130	1469.2	339.20	1628	1463.3	333.3	1600
8	28	1131	1513.6	382.60	1837	1510.9	379.9	1824
SATURADOS								
9	3	1120	1496.4	376.40	1807	1494.1	374.1	1796
10	3	1132	1487.2	355.20	1705	1485.5	353.5	1697
11	7	980	1373.4	393.40	1889	1370	390.0	1872
12	7	1129	1457.2	328.20	1576	1454	325.0	1560
13	14	1139	1525.4	386.40	1855	1527	388.0	1863
14	14	1132	1484.8	352.80	1694	1479.1	347.1	1666
15	28	900	1255.2	355.20	1705	1252.2	352.2	1691
16	28	1130	1531.4	401.40	1927	1521.5	391.5	1879

4.2.4.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 48.-Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 20% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm2)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
1028	1026	193.1	6.62	6.62	8.31	3	23/sep/2018 domingo
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm2		VRS (%)
1.27	mm	218	1811.58		9.38		133.20
1.9	mm	330	2742.3		14.20		201.64
3.81	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
5.08	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
5.93	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
10.16	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm2)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
1002	9986	193.21	8.06	8.03	8.31	28	18/oct/2018 jueves
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm2		VRS (%)
1.27	mm	105	872.55		4.52		64.16
2.18	mm	331	2750.61		14.24		202.25
2.62	mm	350	2908.5		15.05		213.86
5.08	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
7.62	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
8.2	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto

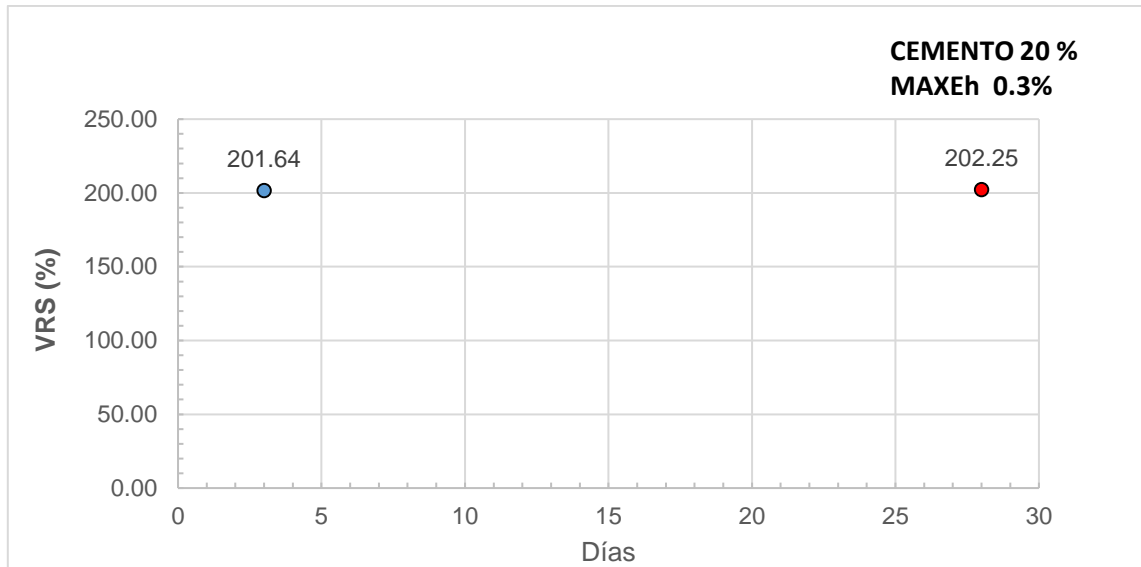


Imagen 95.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 20% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEH.

4.2.5.- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 30% CEMENTO Y 69.7% SUELO

4.2.5.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 49.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 30% cemento y 0.3 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua(lt)	% MAXEh	Área (cm)	Fecha de descimbrado	
26/sep/18 miercoles		30	11	2.75	0.3	20.91	27/sep/18 jueves	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Días	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm2
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1536.9	1533.3	29/sep/18 sabado	3	30	62.27	1868.1	89.34
2	1444.3	1440.8	29/sep/18 sabado	3	30	62.27	1868.1	89.34
3	1526.5	1524.6	3/oct/18 miercoles	7	36	62.27	2241.7	107.21
4	1491.4	1488	3/oct/18 miercoles	7	31	62.27	1930.4	92.32
5	1483.6	1482	10/oc/18 miercoles	14	31	62.27	1930.4	92.32
6	1522.2	1520.3	10/oc/18 miercoles	14	35	62.27	2179.5	104.23
7	1480.3	1477	24/oct/18 miercoles	28	46	62.27	2864.4	136.99
8	1528.4	1524.7	24/oct/18 miercoles	28	39	62.27	2428.5	116.14
CILINDROS SATURADOS								
9	1512.2	1508.4	29/sep/18 sabado	3	26	62.27	1619	77.43
10	1495.4	1491.8	29/sep/18 sabado	3	28	62.27	1743.6	83.38
11	1387.2	1382.8	3/oct/18 miercoles	7	27	62.27	1681.3	80.41
12	1467.5	1463.2	3/oct/18 miercoles	7	25	62.27	1556.8	74.45
13	1541.4	1537.9	10/oc/18 miercoles	14	32	62.27	1992.6	95.30
14	1263.9	1261.7	10/oc/18 miercoles	14	31	62.27	1930.4	92.32
15	1491.7	1489.2	24/oct/18 miercoles	28	34	62.27	2117.2	101.25
16	1536.7	1534.4	24/oct/18 miercoles	28	36	62.27	2241.7	107.21
TEMPERATURA:				22° C				

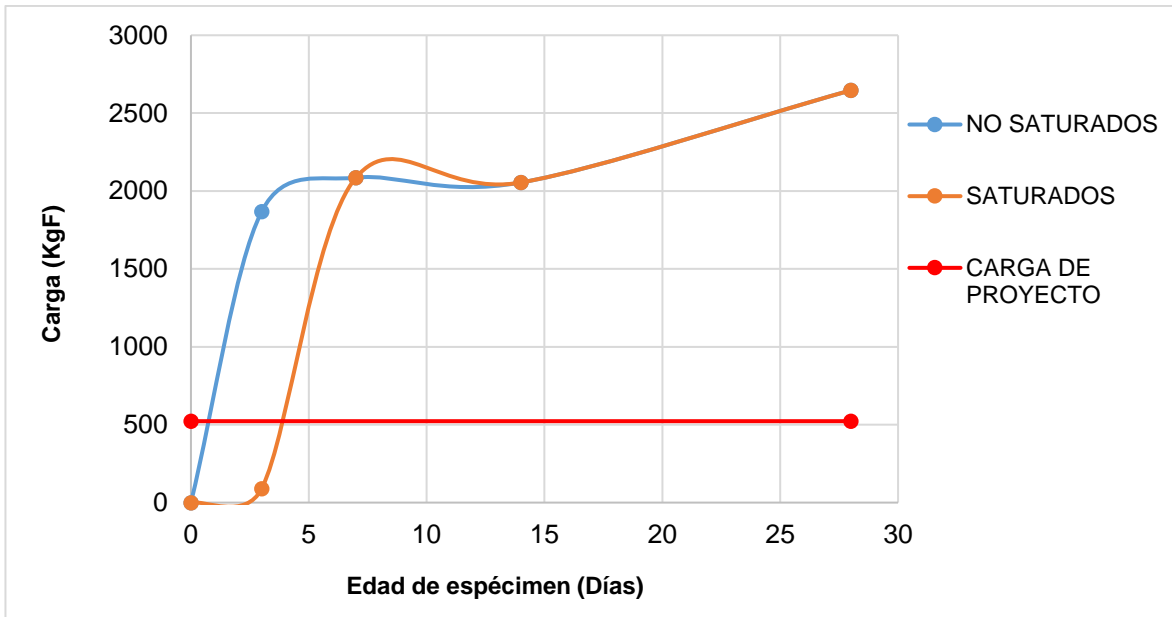


Imagen 96.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.3% de aditivo MAXEH.

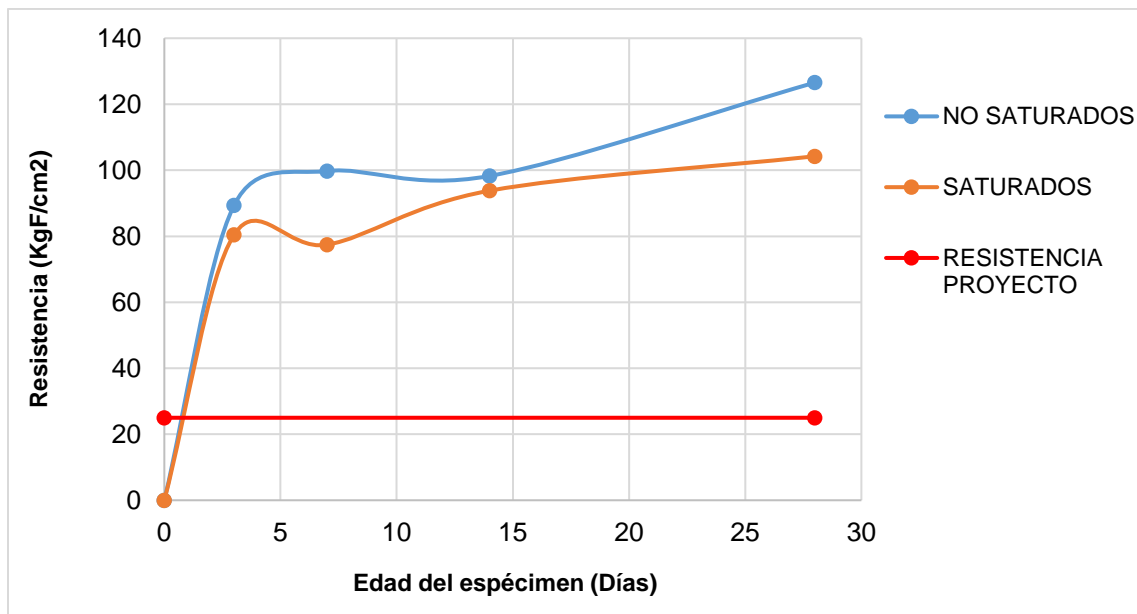


Imagen 97.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

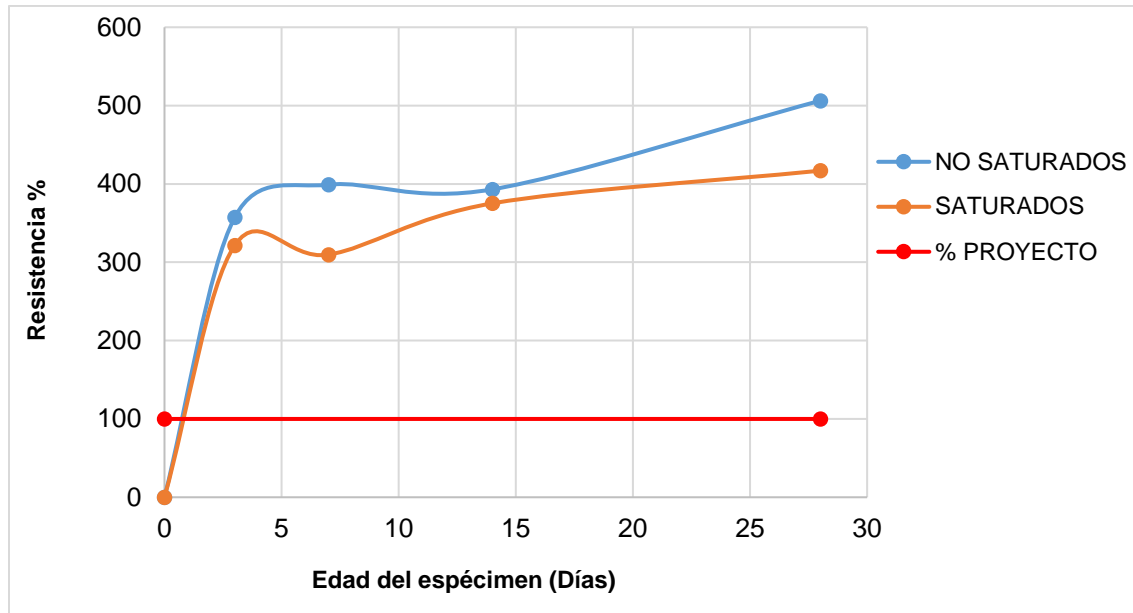


Imagen 98.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 30% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

Tabla 50.- Pesos volumétricos de especímenes con 30% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	30		0.3
No de cilindro	Edad de prueba Días	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso de material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso de material a edad de prueba gr	Peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	1132	1536.9	404.90	1944	1533.3	401.3	1926
2	3	1050	1444.3	394.30	1893	1440.8	390.8	1876
3	7	1129	1526.5	397.50	1908	1524.6	395.6	1899
4	7	1133	1491.4	358.40	1721	1488	355.0	1704
5	14	1129	1483.6	354.60	1702	1482	353.0	1695
6	14	1132	1522.2	390.20	1873	1520.3	388.3	1864
7	28	1130	1480.3	350.30	1682	1477	347.0	1666
8	28	1131	1528.4	397.40	1908	1524.7	393.7	1890
SATURADOS								
9	3	1120	1512.2	392.20	1883	1508.4	388.4	1865
10	3	1132	1495.4	363.40	1745	1491.8	359.8	1727
11	7	981	1387.2	406.20	1950	1382.8	401.8	1929
12	7	1060	1467.5	407.50	1956	1463.2	403.2	1936
13	14	1139	1541.4	402.40	1932	1537.9	398.9	1915
14	14	900	1263.9	363.90	1747	1261.7	361.7	1736
15	28	1132	1491.7	359.70	1727	1489.2	357.2	1715
16	28	1130	1536.7	406.70	1952	1534.4	404.4	1941

4.2.5.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ,VRS)

Tabla 51.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 30% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm2)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
10125	10115	193.1	7.2	7.16	8.31	3	29/sep/2018 sábado
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm2	VRS (%)			
1.27	mm	31	257.61	1.33	18.94		
2.54	mm	335	2783.85	14.42	204.69		
3.81	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.08	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.93	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
10.16	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm2)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
10115	10095	193.21	6.36	6.34	8.31	28	24/oct/2018 miercoles
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
	PENETRACIÓN mm	CARGA KgF	RESISTENCIA Kg/cm2	VRS (%)			
1.27	mm	158	1312.98	6.80	96.54		
1.81	mm	350	2908.5	15.05	213.86		
2.62	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
5.08	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
7.62	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
8.2	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		
12.7	mm	valor alto	valor alto	valor alto	valor alto		

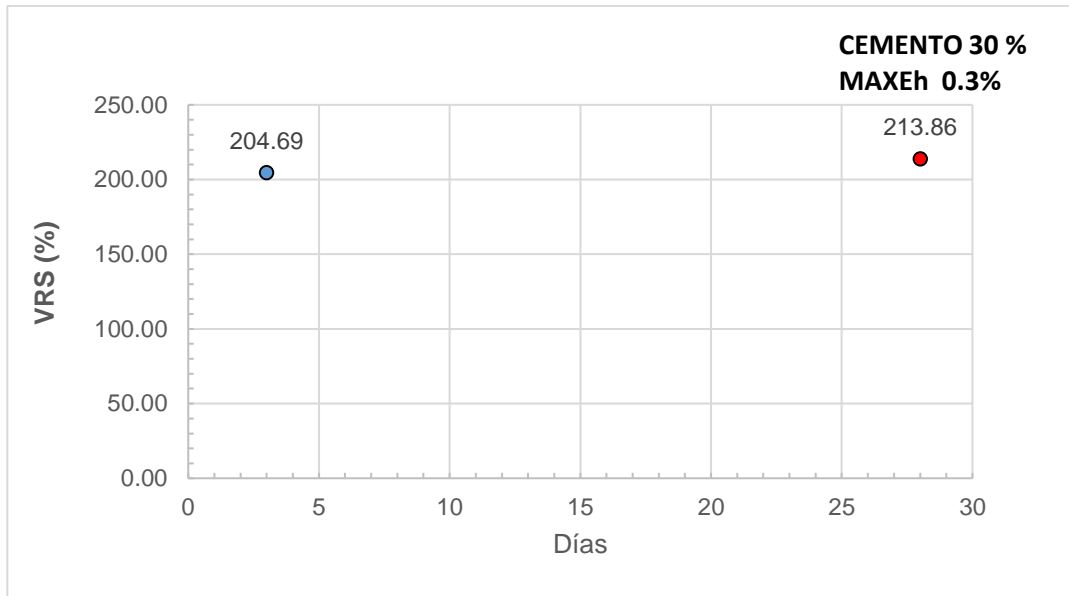


Imagen 99.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 30% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEH.

4.2.6- RESULTADOS PARA LA MEZCLA: 0.3% MAXEh, 40% CEMENTO Y 59.7 % SUELO.

4.2.6.1.- CILINDROS (PRUEBA DE COMPRESIÓN SIMPLE)

Tabla 52.-Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 40% cemento y 0.3 de aditivo MAXEh.

Fecha de colado		% Cemento	Revenimiento (cm)	Agua (lt)	% MAXEh	Área (cm ²)	Fecha de descimbrado	
26/sep/18 miercoles		40	14	2.65	0.3	20.91	27/sep/18 jueves	
No de cilindro	Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Fecha a probar	EDAD Dias	Lectura	Calibración	Carga KgF	Resistencia Kg/cm ²
CILINDROS NO SATURADOS								
1	1536.6	1535	29/sep/18 sabado	3	40	62.27	2490.8	119.12
2	1557.4	1555.6	29/sep/18 sabado	3	48	62.27	2989	142.94
3	1534.5	1531.6	3/oct/18 miercoles	7	46	62.27	2864.4	136.99
4	1532.3	1530.8	3/oct/18 miercoles	7	63	62.27	3923	187.61
5	1522.5	1520.8	10/oc/18 miercoles	14	58	62.27	3611.7	172.72
6	1520.9	1518.8	10/oc/18 miercoles	14	45	62.27	2802.2	134.01
7	1539.8	1538.4	24/oct/18 miercoles	28	52	62.27	3238	154.86
8	1594.3	1592	24/oct/18 miercoles	28	56	62.27	3487.1	166.77
CILINDROS SATURADOS								
9	1529.2	1526.9	29/sep/18 sabado	3	40	62.27	2490.8	119.12
10	1488.4	1487.1	29/sep/18 sabado	3	43	62.27	2677.6	128.05
11	1534.7	1532.4	3/oct/18 miercoles	7	43	62.27	2677.6	128.05
12	1512.8	1510.3	3/oct/18 miercoles	7	50	62.27	3113.5	148.90
13	1524.1	1520.8	10/oc/18 miercoles	14	47	62.27	2926.7	139.97
14	1506.4	1503.8	10/oc/18 miercoles	14	41	62.27	2553.1	122.10
15	1529	1526.7	24/oct/18 miercoles	28	52	62.27	3238	154.86
16	1505.6	1502.8	24/oct/18 miercoles	28	51	62.27	3175.8	151.88
TEMPERATURA:				19° C				

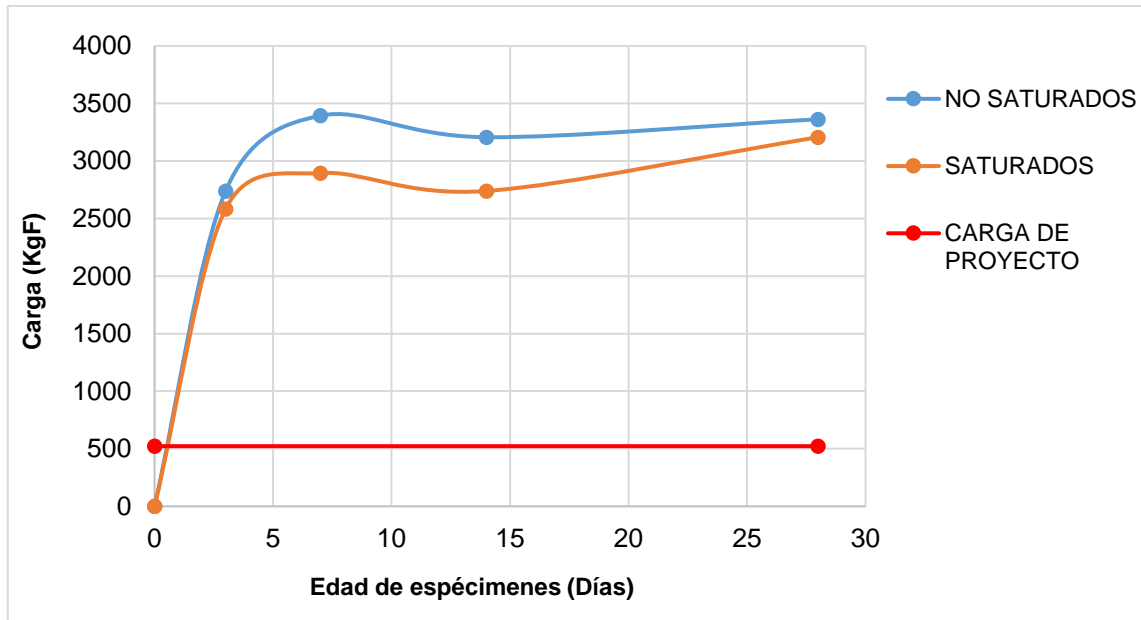


Imagen 100.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 40% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

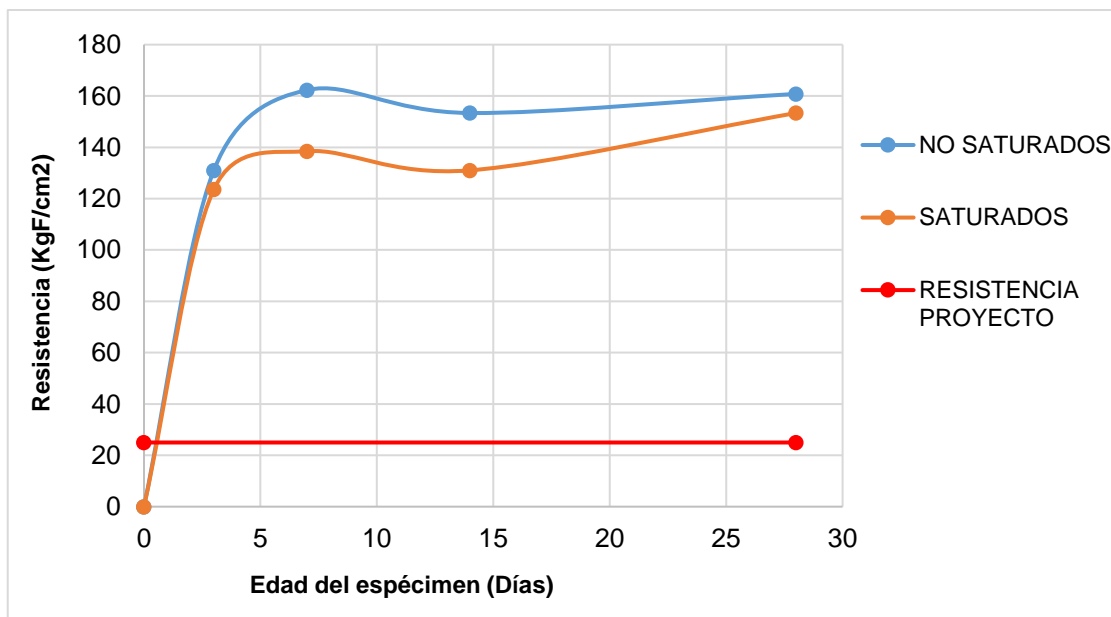


Imagen 101.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 40% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.

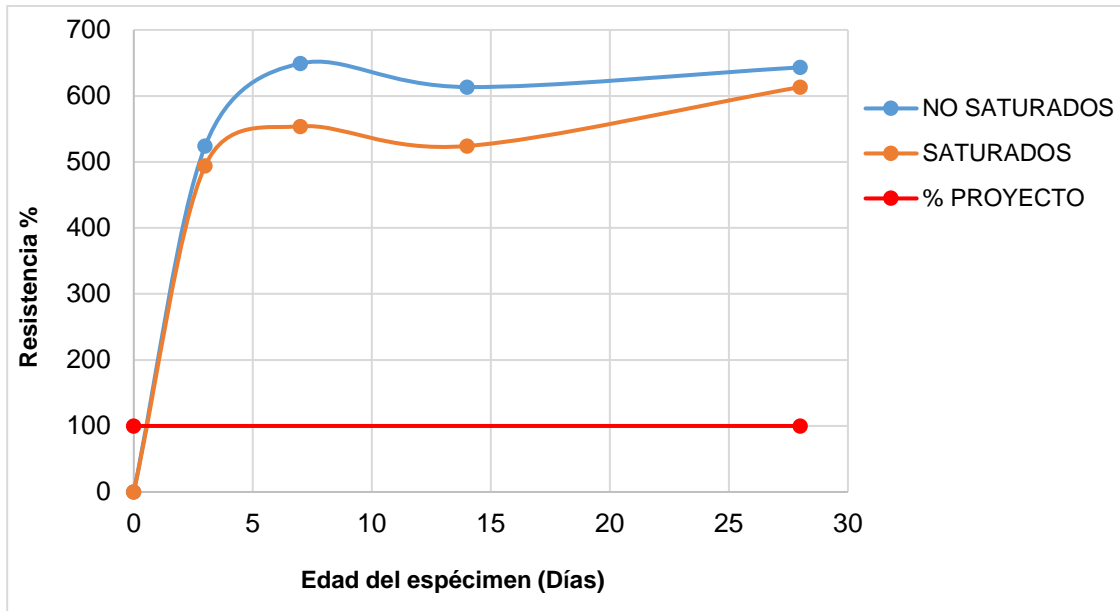


Imagen 102.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 40% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

Tabla 53.- Pesos volumétricos de especímenes con 40% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.

Diámetro (cm)		Altura (h)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Volumen (m ³)	%CEMENTO		% MAXEh
5.15		10	20.83	208.31	0.000208307	40		0.3
No de cilindro	Edad de prueba Días	Peso molde gr	Peso molde + material fresco gr	Peso de material fresco gr	Peso Volumétrico fresco Kg/m ³	Peso molde + material gr	Peso de material a edad de prueba gr	peso volumétrico a edad prueba Kg/m ³
NO SATURADOS								
1	3	1132	1536.6	404.60	1942	1535	403.0	1935
2	3	1138	1557.4	419.40	2013	1555.6	417.6	2005
3	7	1129	1534.5	405.50	1947	1531.6	402.6	1933
4	7	1133	1532.3	399.30	1917	1530.8	397.8	1910
5	14	1129	1522.5	393.50	1889	1520.8	391.8	1881
6	14	1132	1520.9	388.90	1867	1518.8	386.8	1857
7	28	1130	1539.8	409.80	1967	1538.4	408.4	1961
8	28	1131	1594.3	463.30	2224	1592	461.0	2213
SATURADOS								
9	3	1120	1529.2	409.20	1964	1526.9	406.9	1953
10	3	1132	1488.4	356.40	1711	1487.1	355.1	1705
11	7	1133	1534.7	401.70	1928	1532.4	399.4	1917
12	7	1138	1512.8	374.80	1799	1510.3	372.3	1787
13	14	1139	1524.1	385.10	1849	1520.8	381.8	1833
14	14	1132	1506.4	374.40	1797	1503.8	371.8	1785
15	28	1129	1529	400.00	1920	1526.7	397.7	1909
16	28	1130	1505.6	375.60	1803	1502.8	372.8	1790

4.2.6.2.- MOLDES (PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE, VRS)

Tabla 54.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 40% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)							
VRS 1							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
1024	1015	193.1	9.15	9.15	8.31	3	29/sep/2018 sábado
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	93	772.83		4.00		56.83
2.54	mm	316	2625.96		13.60		193.09
2.68	mm	340	2825.4		14.63		207.75
5.08	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
5.93	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
10.16	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
VRS 2							
Peso al colar gr	Peso al descimbrar gr	Área (cm ²)	Li (cm)	Lf (cm)	Calibración	Edad	Fecha a probar
10115	10095	193.21	8.2	8.2	8.31	28	24/oct/2018 miércoles
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (Kg)							
		PENETRACIÓN mm	CARGA KgF		RESISTENCIA Kg/cm ²		VRS (%)
1.27	mm	230	1911.3		9.89		140.54
1.7	mm	350	2908.5		15.05		213.86
2.62	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
5.08	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
7.62	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
8.2	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto
12.7	mm	valor alto	valor alto		valor alto		valor alto

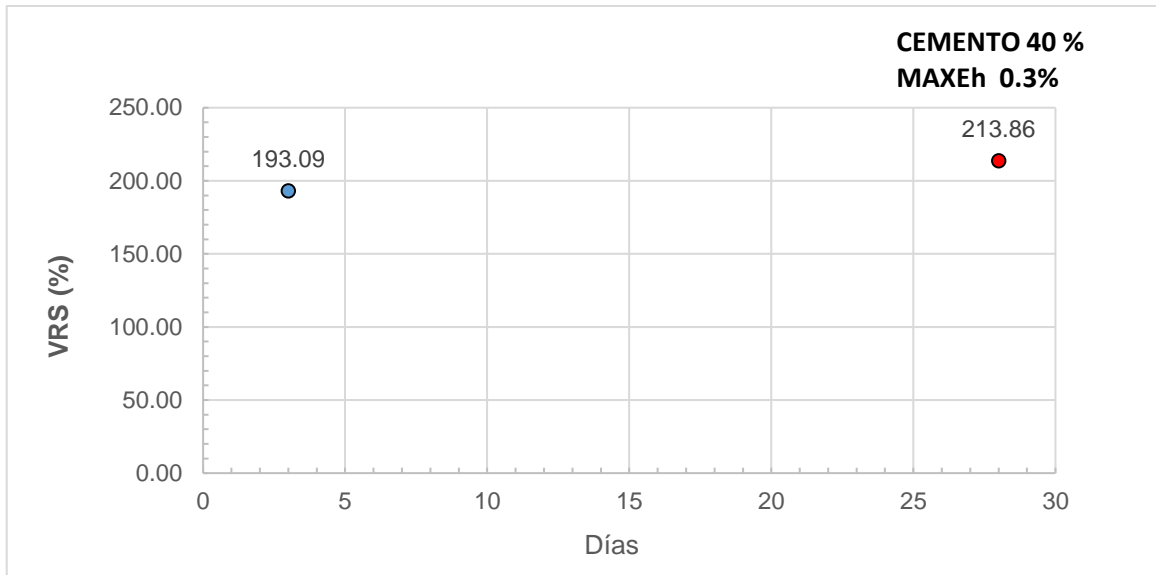


Imagen 103.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 40% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.

4.3.- RESUMEN DE RESULTADOS DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE

Tabla 55.- Resumen de VRS.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS)						
PROPORCIONAMIENTO	EDAD DE ESPECIMEN Días	PENETRACIÓN mm	CARGA Kg	VRS %	EXPANSIÓN %	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL
0.1% MAXEH						
5% CEMENTO	3	36	299.16	22.00	0	SUB-RASANTE MUY BUENA
	28	110	914.1	67.21	0	BASE DE REGULAR CALIDAD
10% CEMENTO	3	28	232.68	17.11	0	SUB-RASANTE REGULAR A BUENA
	28	212	1761.72	129.54	0	BASE DE BUENA CALIDAD
15% CEMENTO	3	28	232.68	17.11	0	SUB-RASANTE REGULAR A BUENA
	28	115	955.65	70.27	0	BASE DE REGULAR CALIDAD
20% CEMENTO	3	116	963.96	70.88	0	BASE DE REGULAR CALIDAD
	28	345	2866.95	210.81	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
30% CEMENTO	3	350	2908.5	213.86	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
	28	343	2850.33	209.58	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
40% CEMENTO	3	340	2825.4	207.75	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
	28	350	2908.5	213.86	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
0.3 % MAXEH						
5% CEMENTO	3	90	747.9	54.99	0	BASE DE REGULAR CALIDAD
	28	107	889.17	65.38	0	BASE DE REGULAR CALIDAD
10% CEMENTO	3	169	1404.39	103.26	0	BASE DE BUENA CALIDAD
	28	200	1662	122.21	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
15% CEMENTO	3	180	1495.8	109.99	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
	28	345	2866.95	210.81	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
20% CEMENTO	3	330	2742.3	201.64	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
	28	331	2750.61	202.25	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
30% CEMENTO	3	335	2783.85	204.69	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
	28	350	2908.5	213.86	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
40% CEMENTO	3	316	2625.96	193.09	0	MATERIAL CON VALOR ALTO
	28	350	2908.5	213.86	0	MATERIAL CON VALOR ALTO

La siguiente gráfica corresponde a los resultados del valor relativo de soporte (VRS), a diferentes proporcionamientos de cemento con el 0.1% de aditivo MAXEh.

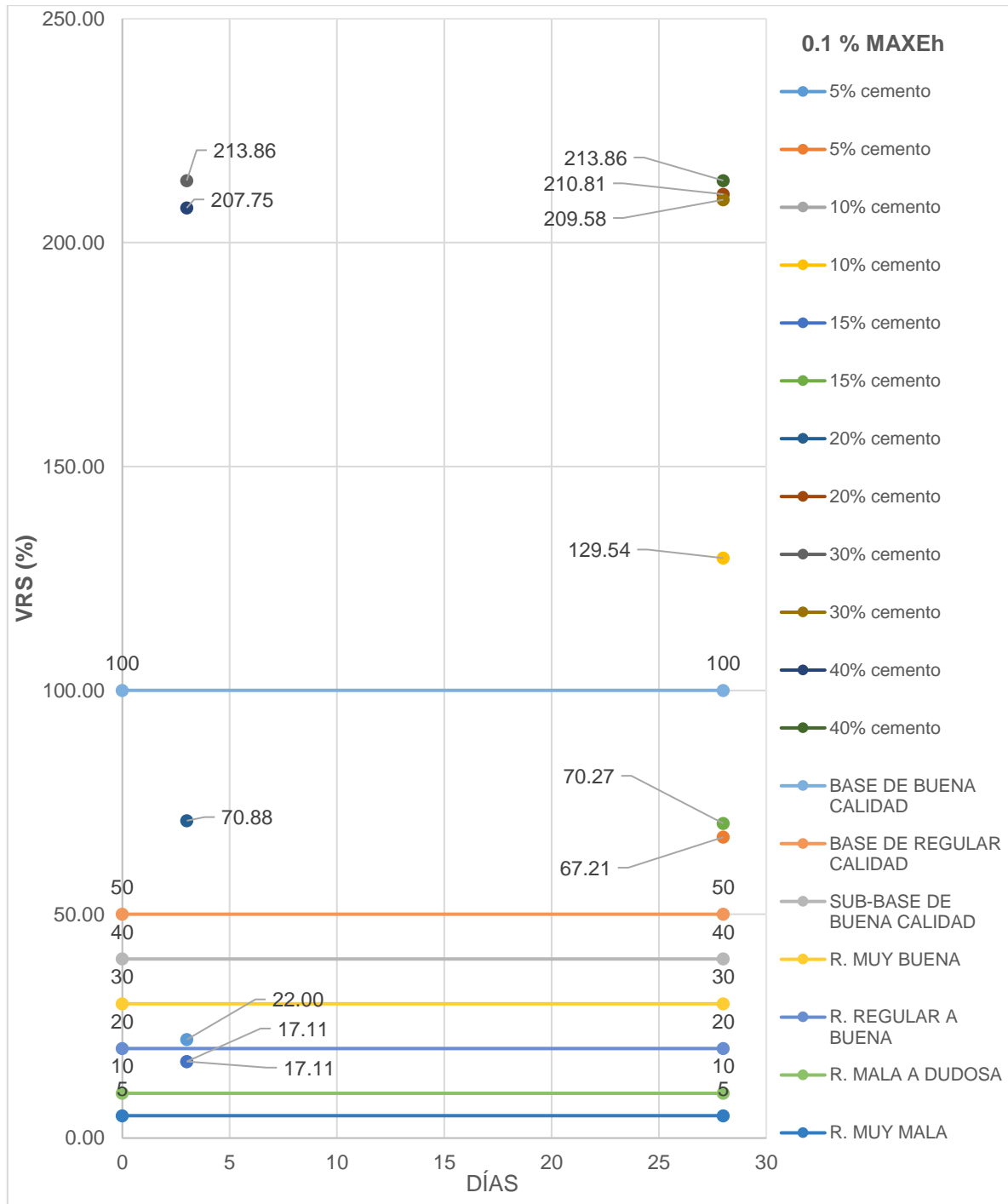


Imagen 104.- Resumen gráfico de VRS de los proporcionamientos del 5% al 40 % de cemento con 0.1% de aditivo MAXEh.

A continuación se muestra en la gráfica los resultados de los valores relativos de soporte de cada proporcionamiento realizado del 5% al 40% de cemento con el 0.3% de aditivo MAXEh.

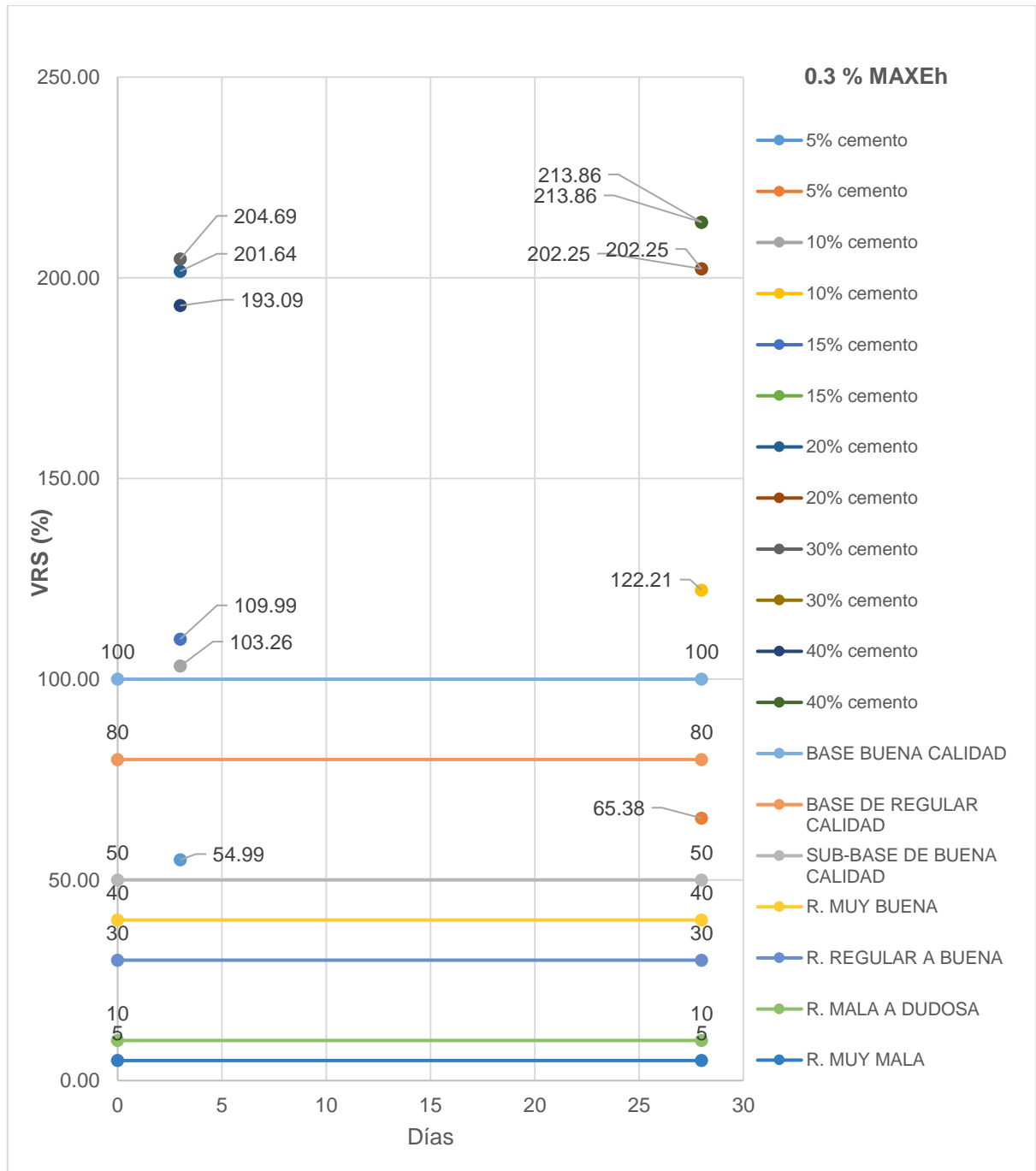


Imagen 105.- Resumen gráfico de VRS de los proporcionamientos del 5% al 40 % de cemento con 0.3% de aditivo MAXEh.

4.4.- RESUMEN GRÁFICO DE PESOS VOLUMÉTRICOS

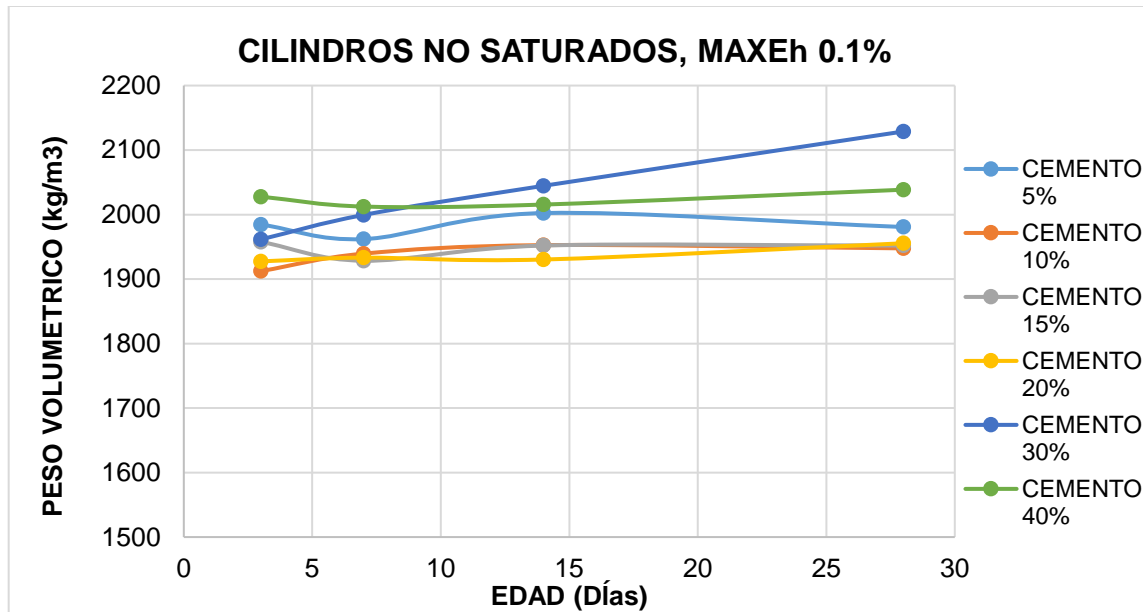


Imagen 106.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes no saturados con 0.1 % de aditivo MAXEh.

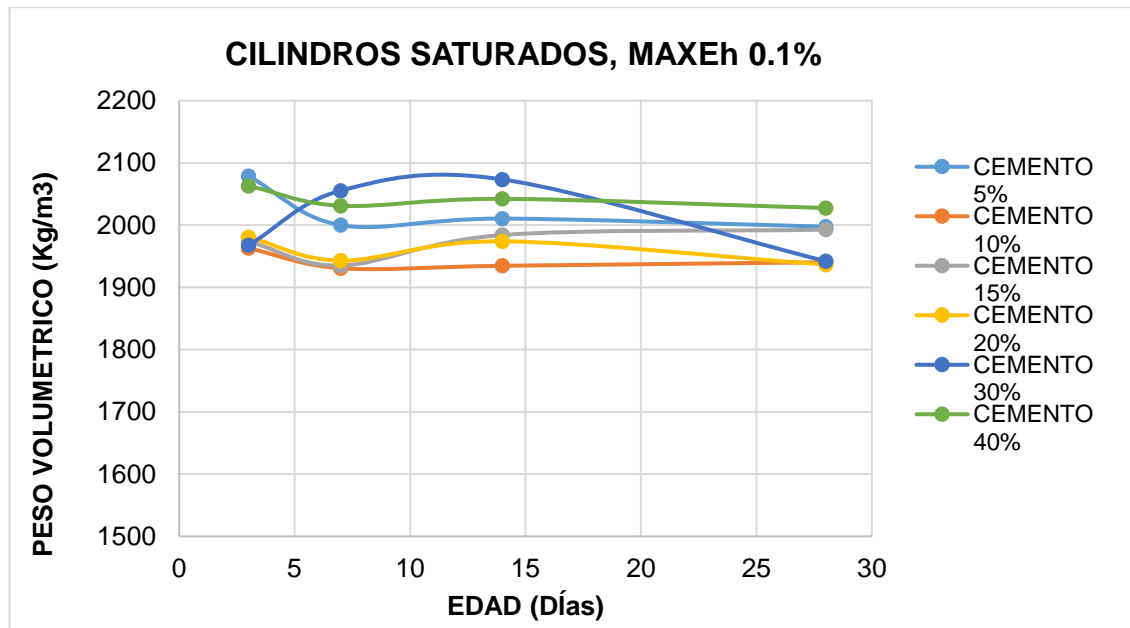


Imagen 107.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes saturados con 0.1 % de aditivo MAXEh.

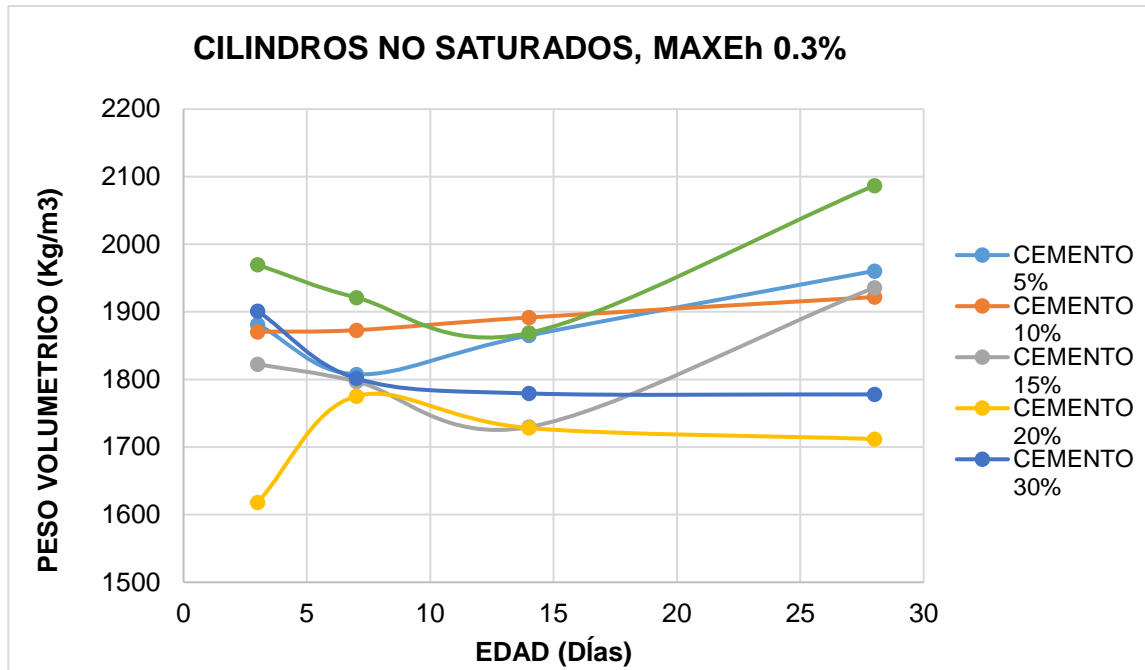


Imagen 108.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes no saturados con 0.3 % de aditivo MAXEh.

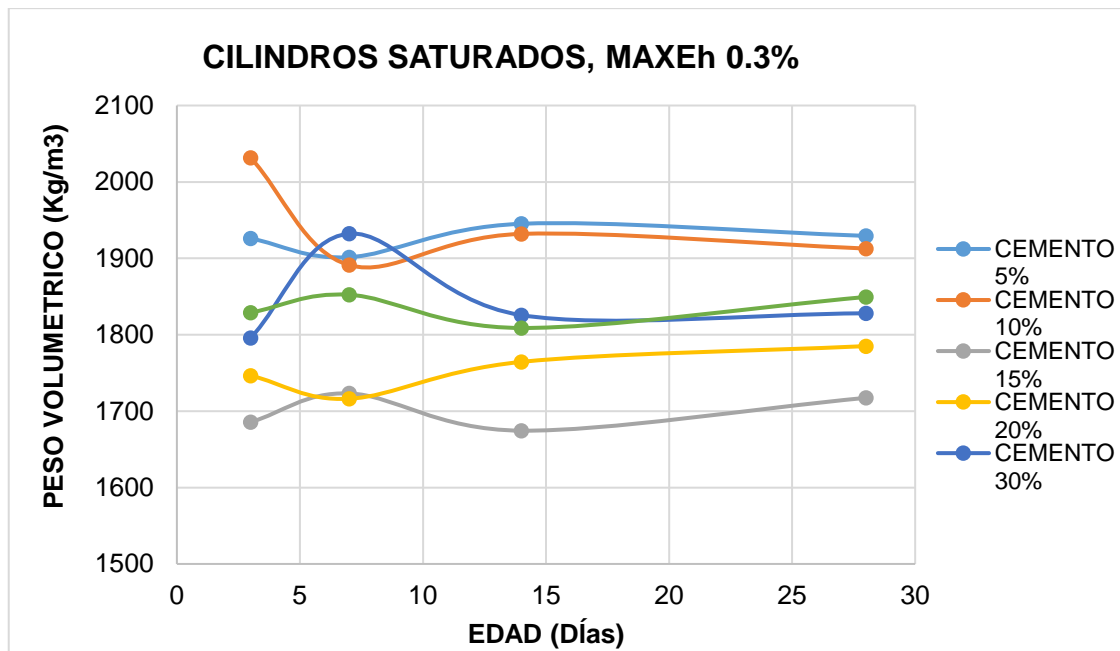


Imagen 109.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes saturados con 0.3 % de aditivo MAXEh.

4.5.- ANÁLISIS DEL COSTO DE 1 M³ DE SUELO-CEMENTO FLUIDO

Analizando para 1 m³ de concreto común:

Tabla 56.- Análisis de precio unitario para concreto común.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
Cemento	bulto	5.86	200	1172	
Grava	m3	0.72	300	216	
Arena	m3	0.5	300	150	
Agua	lt	340	0.06	20.4	
				1558.4	MXN

Analizando para 1 m³ de suelo-cemento fluido del porcentaje optimo con 10 % de cemento, y 0.3% de aditivo MAXEh.

Tabla 57.- Análisis de precio unitario para suelo-cemento con 10% de cemento.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
Cemento	kg	146.50	4	586	
MAXEh	kg	4.40	89	391.155	
ceniza volcánica	m3	0.897	110.00	98.67	
agua	lt	390.707497	0.06	23.44	
				1099.27	MXN

Analizando para 1 m³ de suelo-cemento fluido del porcentaje optimo con 20 % de cemento, y 0.1% de aditivo MAXEh.

Tabla 58.- Análisis de precio unitario para suelo-cemento con 20% de cemento.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	IMPORTE	
Cemento	kg	293.00	4	1172	
MAXEh	kg	1.47	89	130.385	
ceniza volcánica	m3	0.799	110.00	87.89	
agua	lt	369.588173	0.06	22.18	
				1412.45029	MXN

5. CONCLUSIONES

- En este trabajo se realizaron variaciones del 0.1% y 0.3% del aditivo MAXEh, combinando cada porcentaje con 5%,10%,15%,20%,30% y 40% de cemento; cumpliendo un revenimiento de 8 cm a 14 cm de acuerdo a lo especificado por la Normativa.
- En la comparación de los resultados el valor relativo de soporte (VRS) para las mezclas de cemento con aditivo MAXEh; el porcentaje óptimo que alcanza la resistencia de proyecto (25 Kg/cm²), se presentó usando las proporciones del 10% de cemento con el 0.3% de aditivo MAXEh, alcanzándose valores de VRS=103%. Para mayores valores del 10% de cemento, los VRS se ven altamente favorecidos.
- Al adicionar en la mezcla el aditivo MAXEh, con poco porcentaje (0.3%) se alcanzó un valor relativo (VRS) del 103 % al 3 día de la prueba, por lo que incrementar la cantidad no beneficia el VRS en las mezclas estudiadas.
- El suelo-cemento fluido con el proporcionamiento del 20% de cemento con el 0.1% de aditivo MAXEh se obtuvo un resultado de 43.18 Kg/cm² en la prueba de compresión, lo cual cumple con las características del tabique fabricado en el municipio de Uruapan (41.37 Kg/cm²) de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Estado de Michoacán.
- Cumple con las características específicas de un mortero para emplearse en elementos estructurales de mampostería, de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería.
- Se realizó un análisis de costo de 1 m³ de concreto común con un f'c=250 kg/cm² y 1 m³ de suelo-cemento fluido del porcentaje del 10 % de cemento con el 0.3% de aditivo MAXEh.; obteniéndose un costo-beneficio del 41 % de ahorro, con respecto al uso del concreto común. Cabe señalar que la mezcla alcanzó un f'c=187 kg/cm².
- De acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto (2008); los resultados obtenidos en

las pruebas a compresión realizadas en los proporcionamientos estudiados, la mezcla no se puede clasificar dentro de las características para concreto clase I y concreto clase II, ya que no alcanzó una carga mayor a 200 kg/cm².

- En base a las gráficas de los resultados de cargas a compresión simple en condiciones no saturadas, se obtuvieron mayores cargas en comparación a condiciones saturadas.
- El suelo-cemento fluido no es necesario compactarlo con maquina pesada, ya que inicia el proceso de fraguado normal es decir (fenómeno de endurecimiento), además, durante la elaboración de la mezcla se puede optar por una mezcladora de cemento para una mejor trabajabilidad y fraguado de la mezcla.
- En la elaboración del suelo-cemento fluido se observó que se puede repellar directamente, si se coloca una cimbra adecuada.

6. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

6.1.- BIBLIOGRAFÍA

(s.f.). Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/870/87012672003.pdf>

Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto. (2008).

(1 de Diciembre de 2018). Obtenido de <http://mr.travelbymexico.com/imgBase/2012/04/michoacan.jpg>

Arrúa, G. M. (2007). Diseño de mezclas de suelo compactado para la construcción de terraplenes. *Revista EIA*, p.51-61.

FICEM. (2008). SUELO CEMENTO PRIMERA PARTE. *CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA.*

Hidalgo, U. M. (2008). *Manual de Mécanica de Suelos, Séptimo semestre.* Facultad de ingeniería Civil.

Juarez, B., & Rodriguez, R. (2005). *MECÁNICA DE SUELOS TOMO I FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS.* México: Limusa.

Lavalle, E. d. (2013). *SUELO-CEMENTO.* México.

MNX-C-159-ONNCCE-. (2004). *Concreto-Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio.*

Neville, A. M. (1977). *Tecnología del Concreto.* México: M. en A. Soledad Moliné Venanzi.

Norma Mexicana NMX-C-156-ONNCCE-. (2010). *Revenimiento del concreto fresco.*

Norma Mexicana NMX-C-166-ONNCCE-. (2006). *Humedad actual en arenas.*

NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAPOSTERÍA. (2006).

Reglamento de Construcciones del Estado de Michoacán. (2007). Michoacán .

Toirac Corral, J. (2008). EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN. *CIENCIA Y SOCIEDAD.*

6.2.- ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Distribución granulométrica de suelos aptos para diseño de mezclas de suelo cemento fluido.	14
Tabla 2.- Resultados de la granulometría.	21
Tabla 3.- Promedio de 3 pruebas realizadas.	34
Tabla 4.- Valores de K, en función de la temperatura y el peso específico relativo de los sólidos. Para determinar la granulometría del material que pasa la malla N° 200.	40
Tabla 5.- Muestra las lecturas del hidrómetro y temperaturas, obtenidas en distintos tiempos, así como los valores de K correspondientes. Para determinar los tamaños y porcentajes de las partículas de la muestra analizada.	41
Tabla 6.- Composición granulométrica gruesa, chica y fina del material en estudio.	42
Tabla 7.- Humedad óptima.....	50
Tabla 8.- Resultados de prueba VRS.	55
Tabla 9.- Expansión del material.....	55
Tabla 10.- Rangos de clasificación del material.....	57
Tabla 11.- Peso volumétrico seco suelto.	60
Tabla 12.- Características de la ceniza volcánica.	61
Tabla 13.- Datos de partida para la elaboración de especímenes.	62
Tabla 14.- Características de los recipientes.	63
Tabla 15.- Porcentajes de Cemento con el 0.1 % de Aditivo MAXEH.....	66
Tabla 16.- Porcentajes de Cemento con el 0.3 % de Aditivo MAXEH.....	67
Tabla 17.- Especímenes a elaborar para condiciones saturadas.	68
Tabla 18.- Especímenes a elaborar para condiciones no saturadas.	69
Tabla 19.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 5% cemento y 0.1 de aditivo MAXEH.	82
Tabla 20.- Pesos volumétricos de espécimenes con 5% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.....	85
Tabla 21.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 5% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.....	86

Tabla 22.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 10% cemento y 0.1 de aditivo MAXEH.	88
Tabla 23.- Pesos volumétricos de espécimenes con 10% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.....	91
Tabla 24.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 10% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.....	92
Tabla 25.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 15% cemento y 0.1 de aditivo MAXEH.	94
Tabla 26.- Pesos volumétricos de espécimenes con 15% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.....	97
Tabla 27.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 15% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.....	98
Tabla 28.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 20% cemento y 0.1 de aditivo MAXEH.	100
Tabla 29.- Pesos volumétricos de espécimenes con 20% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.....	103
Tabla 30.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 20% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.....	104
Tabla 31.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 30% cemento y 0.1 de aditivo MAXEH.	106
Tabla 32.- Pesos volumétricos de espécimenes con 30% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.....	109
Tabla 33.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 30% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.....	110
Tabla 34.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 40% cemento y 0.1 de aditivo MAXEH.	112
Tabla 35.- Pesos volumétricos de espécimenes con 40% de cemento y 0.1% de aditivo MAXEH.....	115
Tabla 36.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 40% cemento y 0.1% aditivo MAXEH.....	116

Tabla 37.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 5% cemento y 0.3 de aditivo MAXEH.	119
Tabla 38.- Pesos volumétricos de especímenes con 5% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEH.....	122
Tabla 39.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 5% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.....	123
Tabla 40.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 10% cemento y 0.3 de aditivo MAXEH.	125
Tabla 41.- Pesos volumétricos de especímenes con 10% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEH.....	128
Tabla 42.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 10% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.....	129
Tabla 43.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 15% cemento y 0.3 de aditivo MAXEH.	131
Tabla 44.- Pesos volumétricos de especímenes con 15% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEH.....	134
Tabla 45.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 15% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.....	135
Tabla 46.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 20% cemento y 0.3 de aditivo MAXEH.	137
Tabla 47.- Pesos volumétricos de especímenes con 20% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEH.....	140
Tabla 48.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 20% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.....	141
Tabla 49.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 30% cemento y 0.3 de aditivo MAXEH.	143
Tabla 50.- Pesos volumétricos de especímenes con 30% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEH.....	146
Tabla 51.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 30% cemento y 0.3% aditivo MAXEH.....	147

Tabla 52.- Resultados de revenimiento, agua real, carga y resistencia para especímenes, con 40% cemento y 0.3 de aditivo MAXEh.	149
Tabla 53.- Pesos volumétricos de especímenes con 40% de cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.....	152
Tabla 54.- Resultados de la prueba del valor relativo de soporte, 40% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.....	153
Tabla 55.- Resumen de VRS.	155
Tabla 56.- Análisis de precio unitario para concreto común.	160
Tabla 57.- Análisis de precio unitario para suelo-cemento con 10% de cemento.	160
Tabla 58.- Análisis de precio unitario para suelo-cemento con 20% de cemento.	160

6.3.- ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen1. Ubicación de Michoacán en México.....	8
Imagen 2 Ubicación geográfica del municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Referencia: Google Earth, 2018.....	9
Imagen 3.- Ubicación geográfica de la extracción del material. Referencia: Google Earth, 2018.....	9
Imagen 4.- Esquema de una muestra de suelo. Referencia: Juarez Badillo, 2005.	10
Imagen 5.- Extracción del material.	16
Imagen 6.- Secado al sol de la ceniza volcánica.	18
Imagen 7.- Secado en la estufa de la ceniza volcánica.	18
Imagen 8.- Saturación de la ceniza volcánica.....	19
Imagen 9.- Forma de decantar la suspensión a través de la malla N°200.....	19
Imagen 10.- Colocación de las mallas para efectuar el cribado del material.	20
Imagen 11.- Material cribado.	21
Imagen 12.- Curva granulométrica de clasificación del material en estudio.	22
Imagen 13.- Cribado y saturación del material.	24
Imagen 14.- Colocación del material en la copa de casa grande	25
Imagen 15.- Forma de ranurar el material.	25
Imagen 16.- Manipulación del material para formar rollitos.	27
Imagen 17.- Resultado del secado en el horno.	29
Imagen 18.- Equipo para realizar la prueba.....	31
Imagen 19.- Expulsión del aire atrapado mediante la ebullición.....	31
Imagen 20.- Succión del aire atrapado con ayuda de la bomba.	32
Imagen 21.- Secado al horno de las muestras realizadas en la prueba.	33
Imagen 22.- Equipo y Hexametáfosfato de sodio (defloculante).....	35
Imagen 23.- Material cribado por la malla N°200.....	36
Imagen 24.- Preparación de la solución.	36
Imagen 25.- Mezcla del material con solución.....	37
Imagen 26.- Colocación de la suspensión en el mezclador mecánico.....	37

Imagen 27.- Colocación del hidrómetro y termómetro.	38
Imagen 28.- Colocación de la suspensión en una charola para su posterior secado en el horno.	39
Imagen 29.- Granulometría combinada de la muestra.....	43
Imagen 30.- Material para realizar la prueba.	45
Imagen 31.- Homogenización del material con el agua.	45
Imagen 32.- Colocación y varillado del material.	46
Imagen 33.- Colocación en la máquina de carga.....	47
Imagen 34.- Forma de medir el borde superior del molde con el vernier.....	48
Imagen 35.- Obtención del contenido óptimo de humedad.	48
Imagen 36.- Colocación de la placa perforada para su posterior saturación en la pila.....	52
Imagen 37.- Muestra la forma de medir las lecturas con ayuda del vernier.....	52
Imagen 38.- Retiro del molde de la pila de saturación.....	53
Imagen 39.- Forma de colocar el molde en la máquina.....	54
Imagen 40.- Gráfica de VRS inicial.....	56
Imagen 41.- Preparación de la muestra.....	59
Imagen 42.- Forma de medir el molde.....	62
Imagen 43.- Preparación del material.....	70
Imagen 44.- Cemento	70
Imagen 45.- Homogeneización del aditivo Maxeh en agua.	71
Imagen 46.- Probeta con agua.	71
Imagen 47.- Homogenización de los materiales.....	72
Imagen 48.- Colocación del termómetro.	72
Imagen 49.- Llenado y varillado de los cilindros.	73
Imagen 50.- Registro del peso de los especímenes frescos.....	73
Imagen 51.- Especímenes en la pila de saturación.	74
Imagen 52.- Especímenes cubiertas con bolsas muy húmedas.	74
Imagen 53.- Varillado para la prueba de revenimiento.	76
Imagen 54.- Colocación del flexómetro durante la prueba.	76
Imagen 55.- Espécimen colocado en el centro de la placa de la prensa.	78

Imagen 56.- Espécimen a edad de prueba.....	78
Imagen 57.- Retiro del molde de la pila de saturación.....	79
Imagen 58.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.....	83
Imagen 59.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.....	84
Imagen 60.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 5% cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.	84
Imagen 61.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 5% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.	87
Imagen 62.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 10 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.	90
Imagen 63.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 10% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.	93
Imagen 64.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 15 % cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.....	95
Imagen 65.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 15% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.....	95
Imagen 66.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 15 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.	96
Imagen 67.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 15% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.	99
Imagen 68.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 20 % cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.....	101
Imagen 69.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 20% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.....	101

Imagen 70.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 20 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.	102
Imagen 71.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 20% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.	105
Imagen 72.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.....	107
Imagen 73.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.....	107
Imagen 74.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 30 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.	108
Imagen 75.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 30% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.	111
Imagen 76.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 40 % cemento y 0.1% de aditivo MAXEh.....	113
Imagen 77.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 40% cemento y 0.1% aditivo MAXEh.....	113
Imagen 78.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 40 % cemento y 0.1% aditivo MAXEh.	114
Imagen 79.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 40% de cemento y 0.1 % de aditivo MAXEh.	117
Imagen 80.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.....	120
Imagen 81.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 5% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.....	120
Imagen 82.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 5 % cemento y 0.3% aditivo MAXEh.	121

Imagen 83.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 5% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.	124
Imagen 84.- Carga-Edad de prueba en días, de espécimenes saturados y no saturados con 10% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.....	126
Imagen 85.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los espécimenes saturados y no saturados con 10% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.....	126
Imagen 86.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los espécimenes saturados y no saturados, con 10 % cemento y 0.3% aditivo MAXEh.	127
Imagen 87.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 10% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.	130
Imagen 88.- Carga-Edad de prueba en días, de espécimenes saturados y no saturados con 15% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.....	132
Imagen 89.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los espécimenes saturados y no saturados con 15% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.....	132
Imagen 90.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los espécimenes saturados y no saturados, con 15 % cemento y 0.3% aditivo MAXEh.	133
Imagen 91.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 15% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.	136
Imagen 92.- Carga-Edad de prueba en días, de espécimenes saturados y no saturados con 20% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.....	138
Imagen 93.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los espécimenes saturados y no saturados con 20% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.....	138
Imagen 94.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los espécimenes saturados y no saturados, con 20% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.	139
Imagen 95.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 20% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.	142
Imagen 96.- Carga-Edad de prueba en días, de espécimenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.....	144

Imagen 97.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 30% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.....	144
Imagen 98.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 30% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.	145
Imagen 99.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 30% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.	148
Imagen 100.- Carga-Edad de prueba en días, de especímenes saturados y no saturados con 40% cemento y 0.3% de aditivo MAXEh.....	150
Imagen 101.- Resistencia-Edad de prueba en días, de los especímenes saturados y no saturados con 40% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.....	150
Imagen 102.- Porcentajes de resistencia de proyecto-Edad de pruebas en días, de los especímenes saturados y no saturados, con 40% cemento y 0.3% aditivo MAXEh.	151
Imagen 103.- Comportamiento gráfico del VRS a la edad de prueba, con 40% de cemento y 0.3 % de aditivo MAXEh.	154
Imagen 104.- Resumen gráfico de VRS de los proporcionamientos del 5% al 40 % de cemento con 0.1% de aditivo MAXEh.	156
Imagen 105.- Resumen gráfico de VRS de los proporcionamientos del 5% al 40 % de cemento con 0.3% de aditivo MAXEh.	157
Imagen 106.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes no saturados con 0.1 % de aditivo MAXEh.	158
Imagen 107.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes saturados con 0.1 % de aditivo MAXEh.	158
Imagen 108.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes no saturados con 0.3 % de aditivo MAXEh.	159
Imagen 109.- Comportamiento gráfico de los pesos volumétricos de especímenes saturados con 0.3 % de aditivo MAXEh.	159