



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

CINÉTICA DE REACCIÓN DE COMPUESTOS DE
TRIÓXIDO MINERAL AGREGADO (MTA[®]) Y CEMENTO
PORTLAND EN SOLUCIONES ÁCIDAS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

CRISTINA VERÓNICA DÍAZ AGUÍÑIGA

TUTOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL ARAIZA TÉLLEZ

ASESOR: Dr. CARLOS ANDRÉS ÁLVAREZ GAYOSSO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México y en especial a la Facultad de Odontología, quien me brindó la oportunidad de desarrollarme académica y profesionalmente, permitiéndome conocer y vivir todo lo que rodea a esta gran Institución.

La presente tesis se la dedico a mis padres Fernando Díaz Young y Yolanda Aguíñiga Aguíñiga por haberme ayudado a culminar esta meta, estando siempre a mi lado, dándome su amor y apoyo incondicional, brindándome los mejores consejos, enseñanzas y sobre todo por regalarme a la familia tan hermosa que tengo. Gracias por enseñarme que se puede lograr cualquier cosa que uno se proponga y confiar en mí, los amo infinitamente.

Gracias a mis abuelos Camila, Francisco, Ernestina y Reynaldo por darme los mejores padres del mundo y sé que desde donde estén comparten la felicidad de cumplir esta meta. Los amo.

A mis hermanas Yolanda, Patricia y Fernanda, muchas gracias por sus consejos y apoyo en todo momento, son las mejores hermanas, amigas, confidentes y compañeras de vida, las adoro con todo mi corazón.

A mis sobrinos Andrea (mi hermanita chiquita) por ayudarme en mis prácticas, Fernando, Sebastián y Sofía por ser la alegría de la casa.

A Oscar por ser una persona especial que siempre estuvo presente motivándome día a día a seguir adelante para alcanzar mis sueños y metas

Agradezco a mi tutor el Dr. Miguel Araiza por guiarme durante la ejecución de la tesis y brindarme las facilidades necesarias para poder realizar el presente trabajo. Por dejarme conocer a la gran persona que es, por su amistad y consejos

siempre atinados, por esos buenos desayunos científicos y conocimientos otorgados.

A mi asesor el Dr. Carlos Álvarez por habernos ayudado en la investigación, por compartir su tiempo y sus conocimientos.

A la Esp. Yanet Bolas por su apoyo y estar al pendiente de este proyecto, por la buena amistad, por siempre escucharme y estar en mis momentos de desesperación y estrés.

A todos mis amigos de la facultad y de la periférica de Xochimilco por todas las vivencias y momentos especiales

Al Laboratorio de Materiales Dentales por darme la oportunidad de hacer mi servicio social, por el aprendizaje y apoyo brindado para culminar este proyecto.

A la vida por este nuevo triunfo y a todas las personas que me acompañaron y creyeron en este proyecto.

Índice de Contenido

	Página
Resumen.....	1
Abstract.....	1
Antecedentes	2
Agregado Trióxido Mineral (MTA®)	2
Propiedades Químicas del MTA®	3
Reparación de tejidos	5
pH	5
Aplicaciones clínicas del MTA.....	6
Recubrimiento pulpar directo	6
Pulpotomía de dientes temporales.....	6
Apicoformación en dientes permanentes jóvenes.....	7
Perforaciones Radiculares	7
Resorción interna.....	8
Obturaciones Apicales	9
Infección endodóntica.....	10
Vías de infección.....	10
Túbulos dentinarios.....	10
Cavidad abierta.....	10
Membrana periodontal	11
Flujo de sangre	11
Restauración defectuosa	11
Alcance	11
Celulitis odontogénica y tratamiento.....	13
Microorganismos en procesos infecciosos.....	14
Microorganismos de infecciones intrarradiculares.....	15
Virus.....	18
Infecciones extrarradiculares.....	20
Biofilms endodonticos.....	20
Cemento Portland	23
Componentes.....	23
Cemento Portland Gris (CPg)	24
Propiedades	25
Ventajas.....	25
Cemento Portland blanco (CPb)	26
Propiedades	26
Ventajas:.....	27
Concentración de iones H en solución (pH)	28
Microorganismos y pH.	30
Influencia de pH en el proceso de reparación	32
pH de zona infectada	33
Planteamiento del Problema	35
Justificación.....	35
Objetivo	36

General:	36
Específicos:	36
Hipótesis	36
Trabajo	36
Nula	36
Materiales y Métodos	37
Recursos	37
Materiales	37
Reactivos	38
Humanos	38
Financieros	38
Químicos	38
Infraestructura y Equipos	38
Método	39
Preparación de disoluciones	39
Determinación de masa	41
Cinética de reacción	42
Resultados	43
Discusión	111
Conclusiones	116
Referencias	117
Anexos	123

Índice de Gráficas

Gráfica 1.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩)	51
Gráfica 2.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).....	52
Gráfica 3.- Reacción del pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	53
Gráfica 4.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	54
Gráfica 5.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●)	55
Gráfica 6.- Reacción del pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	56
Gráfica 7.- Cinética de reacción en el MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0.	57
Gráfica 8.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●)	58
Gráfica 9.- Reacción del pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 210 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	59
Gráfica 10.- Cinética de reacción en el MTA Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	60
Gráfica 11.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●)	61
Gráfica 12.- Reacción del pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 160 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	62
Gráfica 13.- Cinética de reacción en el MTA Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	63
Gráfica 14.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).....	64
Gráfica 15.- Reacción del pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 180 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	65
Gráfica 16.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	66
Gráfica 17.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).....	67

Gráfica 18.- Reacción del pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	68
Gráfica 19.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	69
Gráfica 20.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).....	70
Gráfica 21.- Reacción del pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 280 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	71
Gráfica 22.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5.	72
Gráfica 23.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).	73
Gráfica 24.- Reacción del pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 280 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	74
Gráfica 25.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	75
Gráfica 26.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).	76
Gráfica 27.- Reacción del pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 350 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	77
Gráfica 28.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	78
Gráfica 29.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).	79
Gráfica 30.- Reacción del pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 290 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	80
Gráfica 31.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	81
Gráfica 32.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩) y el promedio (●).	82
Gráfica 33.- Reacción del pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).....	83
Gráfica 34.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).	84

Gráfica 35.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●).	85
Gráfica 36.- Reacción del pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).	86
Gráfica 37.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	87
Gráfica 38.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).	88
Gráfica 39.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	89
Gráfica 40.-Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	90
Gráfica 41.-Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).	91
Gráfica 42.-Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	92
Gráfica 43.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	93
Gráfica 44.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).	94
Gráfica 45.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	95
Gráfica 46.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	96
Gráfica 47.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).	97
Gráfica 48.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).	98
Gráfica 49.- Valores de pH de las disoluciones ácidas con MTA Blanco.	99
Gráfica 50.-Valores de pH de las disoluciones ácidas con Cemento Blanco.	100
Gráfica 51.-Valores de pH de las disoluciones ácidas con MTA Gris.	101
Gráfica 52.- Valores de pH de las disoluciones ácidas con Cemento Portland Gris.	102
Gráfica 53.- Valores de viscosidad al agregar MTA Blanco.	103
Gráfica 54.- Valores de viscosidad al agregar MTA Gris.	104
Gráfica 55.- Valores de la viscosidad al agregar Cemento Blanco.	105
Gráfica 56.- Valores de la viscosidad al agregar Cemento Portland Gris.	106

Índice de Figuras

Figura 1.- Relación logarítmica del pH	28
Figura 2.- Escala de pH.....	28
Figura 3.- Curvas de pH	31
Figura 4.- Materiales cerámicos.	39
Figura 5.- Saliva en diferentes viscosidades.	40
Figura 6.-Calibración de pH con ácido acético y NaOH.	40
Figura 7.-Determinación de masa de los materiales cerámicos (a) en la balanza analítica (b).....	41
Figura 8.- Incorporación de los materiales cerámicos a las disoluciones ácidas (a) en el sistema de agitación continua (b).	41
Figura 9.- Sistema para determinar la cinética de reacción de los materiales cerámicos.	42

Índice de Tablas

Tabla 1.- Componentes fundamentales del mineral trióxido agregado (MTA®) ...4	4
Tabla 2.- Componentes del cemento Portland24	24
Tabla 3.- Características Mecánicas y Físicas del Cemento Portland Gris.26	26
Tabla 4.- Características Mecánicas, Físicas y especiales del Cemento Blanco.27	27
Tabla 5.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Blanco a una viscosidad de 1:1.0.....43	43
Tabla 6.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Blanco y una viscosidad 1:1.544	44
Tabla 7.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0.....44	44
Tabla 8.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Gris a una viscosidad de 1:1.0.....45	45
Tabla 9.-Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Gris a una viscosidad de 1:1.546	46
Tabla 10.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Gris a una viscosidad de 1:2.0.....46	46
Tabla 11.- Valores de pH y porcentajes promedio en C. Blanco a una viscosidad de 1:1.0.....47	47
Tabla 12.-Valores de pH y porcentajes promedios en C. Blanco a una viscosidad de 1:1.5.....47	47
Tabla 13.- Valores de pH y porcentajes promedio en C. Blanco a una viscosidad de 1:2.0.....48	48
Tabla 14. Valores de pH y porcentajes promedio en C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.0.....49	49
Tabla 15.-Valores de pH y porcentajes promedio en C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.5.....49	49
Tabla 16.-Valores de pH y porcentajes promedio en C. Portland Gris a una viscosidad de 1:2.0.....50	50
Tabla 17.- Valores de media y desviación estándar en MTA Blanco y MTA Gris en los diferentes pH.....107	107
Tabla 18.- valores de media y desviación estándar de Cemento blanco y Cemento Portland Gris en los diferentes pH.108	108
Tabla 19.-Análisis de varianza de los compuestos cerámicos.109	109
Tabla 20.- Análisis de Tukey de la cinética de reacción de los materiales cerámicos en las distintas viscosidades.110	110
Tabla 21.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Blanco a una viscosidad de 1:1.0.....123	123
Tabla 22.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Blanco a una viscosidad de 1:1.5.....124	124
Tabla 23.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Blanco a una viscosidad de 1:2.0.....125	125
Tabla 24.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Gris a una viscosidad de 1:1.0.....126	126

Tabla 25.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Gris a una viscosidad de 1:1.5.....	127
Tabla 26.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Gris a una viscosidad de 1:2.0.....	128
Tabla 27.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Blanco a una viscosidad de 1:1.0.....	129
Tabla 28.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Blanco a una viscosidad de 1:1.5.....	130
Tabla 29.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Blanco a una viscosidad de 1:2.0.....	131
Tabla 30.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.0.....	132
Tabla 31.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.5.....	133
Tabla 32.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Gris a una viscosidad de 1:2.0.....	134

Cinética de reacción de compuestos de trióxido mineral agregado (MTA®) y cemento Portland en soluciones ácidas.

Resumen.

Los procesos infecciosos son generadores de sustancias que modifican el entorno celular, llevando a un cambio en el pH del medio interno como consecuencia del intento de las células por limitar la presencia de microorganismos. Esta condición produce el cambio del pH fisiológico (7.0) a valores ácidos en un rango de 6.4 a 6.8. El propósito de este trabajo fue determinar el pH de soluciones ácidas al agregar los compuestos cerámicos con pH alcalino. Se prepararon soluciones ácidas con pH 6.2, 6.4, 6.6, 6.8 y 7.0, con viscosidad determinada con carboxilmetil celulosa al 1.0, 1.5 y 2.0. A las soluciones se les agregaron los compuestos cerámicos de MTA Angelus® blanco (MTAb) y gris (MTAg) y de Cemento Portland gris (CPg) y blanco (CPb) y se registraron los valores de pH a intervalos de 10 minutos durante 9 horas y el final a las 24 hrs. La cinética de reacción fue mayor en los materiales biocerámicos comerciales de MTA®, de 110 a 150 minutos. Aunque el Cemento Portland también obtuvo una reacción similar a los biocerámicos, mientras que el Cemento Blanco tuvo una reacción más lenta alcanzando su punto de equilibrio a los 180 minutos. En los ambientes ácidos simulados los biocerámicos y el Cemento Blanco tienen mayor reacción en soluciones ácidas como 6.2 y 6.4, mientras que el Cemento Portland Gris alcanzó mayor cambio en la solución ácida con pH 6.6. En la medición de las 24 horas los materiales MTA_b, MTA_g y CP_g tuvieron valores alcalinos de pH en un rango de 10 a 12. De acuerdo a la literatura, estos materiales inhiben la actividad bacteriana.

Palabras clave: *Cinética, Reacción, MTA, Cemento Portland, pH, soluciones ácidas.*

Abstract

Infections are generators of substances that modify the cell environment, leading to a change in the pH of the internal environment that result by the attempt of the cells to limit the presence of microorganisms. This condition produces the change of physiological pH (7.0) to acid values between of 6.4 to 6.8. The purpose of this work was to determine the pH of acid solutions after addition of ceramic compounds with alkaline pH. Acid solutions were prepared with pH 6.2, 6.4, 6.6, 6.8 and 7.0, with viscosity adjusted with carboxymethyl cellulose at 1.0, 1.5 and 2.0. Each solution was added with ceramic compounds of MTA Angelus® white (MTAw) and gray (MTAg) and gray Portland cement (gPC) and white (wPC), and the pH values were recorded at 10-minute intervals for 9 hours and the end at 24 hrs with a potentiometer. The reaction kinetics was higher in the commercial bioceramic materials of MTA®, because the higher value achieved at 110 to 150 minutes. Although the Portland cement also had a similar reaction to the bioceramics, while the wPC had a slower reaction reaching its equilibrium point at 180 minutes. In simulated acidic environments, bioceramics and wPC have a higher reaction in acid solutions such as 6.2 and 6.4, while gPC achieved a greater change in the acid solution with pH 6.6. In the 24-hour measurement the wMTA, gMTA and gCP materials had alkaline pH values in a range of 10 to 12. According to the literature, these materials inhibit bacterial activity.

Keywords: *kinetics, MTA, Portland cement, pH, acid solution.*

Antecedentes

En la literatura se menciona que un material ideal para reparación de raíces debe ser biocompatible, radiopaco, antibacteriano, dimensionalmente estable, fácil de manipular y no afectado por la contaminación sanguínea. También es deseable que el material seleccionado induzca o lleve a cabo la deposición ósea, proporcione un buen sellado contra las bacterias y los fluidos, fijado en un ambiente húmedo, y tenga suficiente resistencia a la compresión y dureza^{1,2}. A continuación se describen los biomateriales utilizados con estas finalidades.

El Agregado Trióxido Mineral (MTA[®]), fue creado en la Universidad de Loma Linda (California, USA), descrito en 1993 por Torabinejad y cols, se aprobó su uso en odontología en 1998 por la FDA (Food and Drugs Administration) y fue lanzado comercialmente en 1999 con el nombre de ProRoot[®] MTA (Dentsply), de color gris, hasta que en el 2002 salió al mercado el MTA[®] blanco, de igual composición y patentado en 1995 por Torabinejad.³

Agregado Trióxido Mineral (MTA[®], Mineral Trioxide Aggregate)

El Agregado Trióxido Mineral (MTA[®], por sus siglas en inglés) es un material de uso en endodoncia clínica regenerativa, son polvos hidrofílicos compuestos por silicatos tricálcicos y dicálcicos.⁴ Tiene un largo tiempo de ajuste, pH alto, y baja resistencia a la compresión. Posee algunas propiedades antibacterianas y antifúngicas, dependiendo de su relación de polvo a líquido⁵.

El compuesto se presenta como un polvo hidrofílico, para ser mezclado con agua estéril en una proporción polvo/liquido de 3:1 en el momento de su uso. Después de mezclar. El material adquiere una estructura de gel coloidal y solidifica en un promedio de 3-4 horas de tiempo. El pH inicial es 10,2 y el MTA[®] hidratado final a un valor máximo de 12,5 tres horas después de la mezcla³.

El MTA[®] ha demostrado tener una excelente capacidad de sellado y la actividad de los osteoblastos promovidos. Su uso ha sido sugerido para la obturación de

perforaciones radiculares y de furcación, obturaciones retrogradas o procedimientos endodónticos conservadores, tales como protecciones pulpares directas y apexificación.

En un estudio realizado en el 2008, demostraron el efecto antibacteriano del MTA[®], ProRoot Blanco, mostró ligeramente mayor zona de inhibición contra *Streptococcus salivarius* y *Streptococcus sanguis*, en comparación con MTA Angelus[®] blanco. Estrela y cols. (2000) encontraron que las zonas de inhibición a *S. aureus*, *E. faecalis* y *B. subtilis* fueron idénticas para ambos materiales.³

Propiedades Químicas del MTA[®]

El MTA[®] está compuesto principalmente por partículas de:

- Silicato tricálcico
- Silicato dicálcico
- Aluminato férrico tetracálcico
- Sulfato de calcio dihidratado
- Óxido tricálcico
- Óxido de silicato

Además de una pequeña cantidad de óxidos minerales, responsables de las propiedades físicas y químicas de este agregado. Se le ha adicionado también óxido de bismuto que le proporciona la radio-opacidad⁶

Porcentaje	Componente
75%	Ca ₃ SiO ₅ (silicato tricálcico)
	Ca ₃ Al ₂ O ₆ (Aluminato tricálcico)
	Ca ₂ SiO ₄ (Silicato dicálcico)
	Ca ₄ Al ₂ Fe ₂ O ₁₀ (Ferro-aluminato tetracálcico)
20%	Bi ₂ O ₃ (Óxido de bismuto)
4.4 %	CaSO ₄ ·2H ₂ O (sulfato de calcio dihidratado)
0.6% Residuos insolubles	SiO ₂ (Sílice)
	CaO (Óxido de calcio)
	K ₂ SO ₄ (Sulfato de potasio)
	Na ₂ SO ₄ (Sulfato de Sodio)

Tabla 1.- Componentes fundamentales del mineral trióxido agregado (MTA®) ³

La hidratación del polvo del MTA® con agua destilada resulta en un gel coloidal que se solidifica en una estructura dura. La naturaleza hidrofílica de las partículas del polvo le proporciona una característica especial, pudiendo utilizarse en presencia de humedad, como sucede en los procedimientos clínicos en casos de perforaciones y en la obturación del extremo apical, sin necesidad de un campo seco. En estas situaciones la humedad presente en los tejidos actúa como un activador de la reacción química de este material³.

Adicionalmente, Torabinejad manifiesta que la capacidad de sellado que muestra el MTA® probablemente se debe a su naturaleza hidrofílica y a la leve expansión cuando es manipulado en un ambiente húmedo.⁵

La reacción que se produce durante la hidratación de los cementos de MTA® y cemento Portland es exotérmica, y el aumento de la tasa de hidratación puede

umentar la tasa de generación de calor. La adición de aceleradores puede incrementar el calor liberado por la reacción. (6)

Reparación de tejidos

El comportamiento del MTA[®] a nivel de tejido conectivo actúa de la misma forma que lo hace el Hidróxido de Calcio. El Trióxido de Calcio que forma parte del MTA[®], al mezclarse con agua, se transforma en Óxido de Calcio, por lo que al entrar en contacto con la humedad de los fluidos tisulares lo hace en forma de Óxido de Calcio, el cual, al estar en un medio húmedo se disocia en iones Hidróxilo y también iones Calcio. Los iones Calcio reaccionan con el Bióxido de Carbono presente en el tejido conectivo, el Carbonato de Calcio que se forma lo hace como cristales de calcita. Estos cristales de calcita a su vez estimulan a los fibroblastos para que liberen fibronectina, la que va a estimular a los fibroblastos presentes en la zona, para que se transformen en células productoras de tejido duro (osteoblastos, cementoblastos u odontoblastos).⁷

El MTA[®] estimula la liberación de citocinas e interleucinas, que promueven los procesos de curación y regeneración, ya que causa la formación de tejido duro y facilita la regeneración del ligamento periodontal.

La inducción del crecimiento óseo puede depender de numerosos factores, tales como la biocompatibilidad, la capacidad de sellado, el pH alcalino y la estimulación de interleucinas.

pH

Al hidratar el polvo con agua estéril en una proporción de 3:1 en una loseta de vidrio o de papel con espátula de plástico o metal, se crea un gel coloidal con un pH medio entre 10.2 y 12.5 tres horas después, que solidifica en menos de 4 horas y alcanza una fuerza compresiva de 40 MPa en 24 horas y 67 MPa en 21 días. Mirhadi y cols. (2014) concluyeron que un entorno de pH ácido se redujo la capacidad de sellado del MTA y del cemento de hidróxido de calcio como tapones apicales, después de 30 días.³

Diferencias entre MTA® Blanco Y Gris

El MTA® se comercializa actualmente en 2 formas: gris (MTAg®) y blanco (MTAb®). El MTA® se introdujo primeramente en gris, pero debido a la posibilidad de decoloración del MTAg®, el MTA Blanco (MTAb®) fue desarrollado. Las investigaciones mostraron que menores cantidades de hierro, aluminio y magnesio están presentes en MTAAb® que en MTAg®.

Aplicaciones clínicas del MTA

El agregado trióxido mineral ha sido estudiado como material para sellar las comunicaciones entre el sistema de conductos radiculares y los tejidos periradiculares y se usa en diferentes tratamientos clínicos como:

Recubrimiento pulpar directo

El recubrimiento pulpar directo en dientes con caries profunda se ha considerado impredecible y por lo tanto es necesario un material que resista las fugas bacterianas y pueda proporcionar protección a la pulpa dental, para permitir la reparación y la vitalidad continua de la pulpa en los dientes cuando se utiliza en combinación con una restauración sellada.⁸

El procedimiento implica la eliminación de la caries mediante el uso de instrumentos rotatorios y luego se coloca una capa delgada de MTA en la pulpa expuesta y la dentina circundante.⁹

Pulpotomía de dientes temporales

La pulpotomía es un procedimiento realizado en un diente con caries profunda adyacente a la pulpa, donde la pulpa coronal se elimina para conservar la totalidad de la pulpa radicular. La Academia Americana de Odontopediatría (AAP) define la pulpotomía como: “*un procedimiento que implica la amputación de la porción coronal de la pulpa dental afectada o infectada*”.³

El formocresol ha sido durante largo tiempo el agente estándar para las pulpotomías en dientes primarios, este fija el tejido radicular afectado e infectado. Según

Eidelman en Bellet (2006) al comparar el MTA con el formocresol, como agente en pulpotomías de molares primarios con exposición por caries, el MTA mostró éxito clínico y radiológico muy alto.¹

Apicoformación en dientes permanentes jóvenes

La apicoformación se define como *"un procedimiento para inducir una barrera calcificada en una raíz con un ápice abierto o el desarrollo continuo apical de una raíz incompletamente formada en dientes con pulpa necrótica"*.¹⁰ El objetivo principal es inducir una barrera calcificada en raíces con ápices abiertos y para promover la continuación del desarrollo de la raíz apical.¹⁰

El manejo de los dientes inmaduros no vitales es extremadamente desafiante debido a la relación de raíz y de la corona comprometida, las paredes de dentina de raíz son delgadas y el ápice abierto que no tiene un tope apical contra el cual se puede condensar los materiales de relleno de raíz. El tratamiento de estos dientes es, por lo tanto, lento y técnicamente difícil, se ha dirigido a producir una barrera contra la cual se puede colocar un material de relleno en el conducto radicular, evitando así la extrusión de material en los tejidos circundantes. Esto se ha logrado con mayor frecuencia a través de la técnica de apicoformación con hidróxido de calcio [Ca(OH)₂], lo que implica una aplicación prolongada en el conducto radicular. En la última década, la introducción del agregado de trióxido mineral (MTA) ha permitido que los dentistas puedan crear un tapón apical, lo que permite la obturación inmediata del conducto radicular.¹¹

Perforaciones Radiculares

La perforación radicular es una comunicación mecánica, iatrogénica o patológica entre el sistema de conducto radicular y la superficie del diente.¹²

La causa de la perforación iatrogénica es a menudo un resultado de la desalineación de fresas o instrumentos rotatorios durante la preparación durante la preparación biomecánica de los conductos radiculares, creando el acceso a la cámara pulpar, o bien la negociación del canal, y la preparación del conducto radicular¹². Las

perforaciones en el tercio apical o medio de la raíz tienen un mejor pronóstico que las del tercio cervical o el piso de la cámara. Las perforaciones de la raíz en la cresta alveolar tienen el peor pronóstico debido a la posible contaminación microbiana y la descomposición periodontal ya que estas conducen a inflamación y la destrucción de las fibras periodontales y el hueso alveolar y pueden causar un defecto periodontal. Es importante diagnosticar y reparar perforaciones inmediatamente. ¹³

El sellado inmediato de las perforaciones furcales produce una mejor posibilidad de reparación. El pronóstico a largo plazo de las perforaciones, se puede ver afectado por la duración de la exposición a un ambiente contaminado y la capacidad de sellado del material utilizado para llenar la perforación, que idealmente deberían proporcionar un sello adecuado, ser biocompatible y tener la capacidad de inducir la osteogenesis y la cementogenesis. ¹⁴

Diversos materiales dentales (incluyendo amalgama, yeso de París, gutapercha, cemento de ionómero de vidrio, cemento óxido de zinc reforzado (IRM, Dentply®) y material restaurador intermedio) se han propuesto a lo largo de los años para la reparación de perforaciones con diversos grados de éxito. Se cree que la introducción de materiales bioactivos como el agregado de trióxido mineral (MTA) mejora la tasa de éxito de tales reparaciones. ¹⁵

Resorción interna

La reabsorción de la raíz interna es un proceso patológico que induce la destrucción progresiva de la dentina y compromete la estructura del diente. Sin embargo, se ha propuesto que los traumas, la pulpitis, la pulpotomía, un diente agrietado, los procedimientos de restauración, la invaginación, el tratamiento de ortodoncia son factores predisponentes. ¹⁶

El proceso de reabsorción implica una interacción compleja de células inflamatorias y reabsorbidas, que da como resultado la formación de células gigantes multinucleadas y reabsorción de tejidos duros dentales. En los casos sin perforación, se debe realizar la eliminación completa del tejido de resorción del

conducto radicular y del espacio periodontal ya que puede producirse la destrucción de los tejidos periodontales adyacentes¹⁷.

En el tratamiento para estos casos se prefiere utilización de gutapercha termoplastificada debido a su fluidez para llenar los defectos que resultan de la reabsorción de la raíz interna. Sin embargo, cuando la raíz se debilita severamente con riesgo de perforación, se sugiere una técnica híbrida, donde la parte apical del conducto radicular se llena con gutapercha y el área de reabsorción con un material biocompatible como el agregado trióxido mineral¹⁶.

Obturaciones Apicales

La cirugía periapical está indicada cuando el tratamiento convencional de conductos radiculares ha fracasado.

La principal causa de fracaso en los tratamientos de endodoncia se debe a una contaminación bacteriana del conducto radicular. Esta flora bacteriana está compuesta principalmente por: *Enterococcus faecalis*, *Actinomyces israeli*, y *Propionibacterium propionicum*.¹⁸

De acuerdo con Garthwe y Dorn, un material de obturación apical, debe ser de fácil manipulación, radiopaco, dimensionalmente estable, no reabsorbible, que no esté afectado por la presencia de humedad, debe adherirse a las paredes de la preparación y sellar el sistema de conductos, no ser toxico, bien tolerado por los tejidos periapicales y promover la cicatrización¹⁹.

Infección endodóntica.

Las infecciones agudas en endodoncia son una de las afecciones más frecuentemente tratadas en los procedimientos de endodoncia. Clínicamente, estas infecciones se caracterizan por dolor espontáneo, sensibilidad a la percusión y dolor a la palpación.²⁰ Entre las causas de infección de la pulpa dental se encuentran la comunicación con la dentina debido a caries, lesiones o las maniobras operatorias. La diseminación por formación de caries dental, que permite que las bacterias entren al diente y se extiendan hasta el ápice (raíz), con la periodontitis apical resultante, el granuloma, el absceso y finalmente, la formación de quistes radiculares, esto implica sobrecrecimiento bacteriano e inflamación en el espacio entre el diente y la encía, que eventualmente lleva a la destrucción de los ligamentos periodontales y la erosión del hueso.²¹

En un panorama de infección microbiana, la pulpa se someterá a un proceso dinámico de experimentar pulpitis y luego eventualmente necrosis pulpar. A medida que avanza la infección, es posible que las comunidades polimicrobianas intracanal se adapten a las cambiantes condiciones ambientales al alterar su estructura de microbioma (es decir, riqueza y uniformidad de la comunidad y diversidad).²²

Vías de infección

La presencia de microbiota es un importante elemento para la eliminación de la infección endodóntica según el estudio clásico de Kakehashi *et al.* Hay muchas maneras en que los microorganismos llegan a la pulpa:²³

- Túbulos dentinarios: Una lesión cariosa o durante procedimientos dentales, los microorganismos pueden usar la vía en dirección centrípeta para alcanzar la pulpa. Las bacterias obtienen acceso a la pulpa cuando la distancia de dentina entre el borde de la lesión cariosa y la pulpa es de 0.2 mm.
- Cavidad abierta: la exposición directa a la pulpa de origen traumático, como en la fractura coronal o de naturaleza iatrogénica debido a procedimientos

quirúrgicos, rompe la barrera física impuesta por las estructuras dentales y deja la pulpa en contacto con el entorno séptico oral.

- Membrana periodontal: los microorganismos del surco gingival pueden alcanzar la cámara pulpar a través de la membrana periodontal, utilizando un canal lateral o el foramen apical como vía. Esta vía se vuelve disponible para microorganismos durante una profilaxis dental, debido a luxación dental y de la migración de la inserción epitelial al establecimiento de bolsas periodontales.
- Flujo de sangre: Las bacterias presentes en la sangre se sienten atraídas por la pulpa dental después de que un traumatismo o procedimiento quirúrgico produce inflamación sin causar la exposición de la pulpa. Esta atracción a través de la sangre o la linfa se conoce como anacoresis, que sirve como un camino para la infección endodóntica.
- Restauración defectuosa: la contaminación salival desde el aspecto oclusal puede alcanzar el área periapical. Si el sello temporal se rompe o si la estructura del diente se fractura antes de la restauración final, las bacterias pueden obtener acceso al tejido periapical y provocar una infección.
- Alcance: los microorganismos pueden llegar a los canales principales y/o laterales que migran de un diente infectado a una pulpa sana como consecuencia de la contigüidad de los tejidos, extendiendo así la infección a un diente adyacente.

Al haber una comunicación pulpar, las bacterias pueden invadir más rápido los túbulos dentinarios de un diente y generar diferentes cambios patológicos, el sistema de conductos puede albergar varias especies de bacterias, sus toxinas y subproductos; principalmente estos agentes patógenos afectan a nivel de la cavidad pulpar y el periápice.²⁴

Estos microorganismos son predominantemente bacterias Gram negativo anaerobios que pueden infectar la raíz por exposición directa a la pulpa (caries o lesiones) o por microfiltración coronal. Torabinejad y Davis demostró que la morfología de los conductos radiculares es compleja y que en los conductos preparados mecánicamente existen áreas no accesibles o de difícil acceso para los instrumentos endodónticos actualmente utilizados. Las bacterias se pueden encontrar en todas las áreas de la raíz, en el conducto y en los túbulos dentinarios.²⁴

Las infecciones se presentan como un exudado purulento o un eritema doloroso indicativo de celulitis. Sin embargo, existen elementos de subjetividad tales como exudado seroso, eritema, exudado purulento y separación de los tejidos profundos; en el momento en que se observan estos elementos es evidente que la infección ya está establecida.²⁵ Un absceso consiste en una acumulación de pus en una cavidad formada por licuefacción de tejido. Los términos absceso dental, absceso dentoalveolar y absceso odontogénico a menudo se usan como sinónimos para describir abscesos formados en los tejidos alrededor del diente. La causa puede ser una infección endodóntica (absceso apical agudo) o una infección periodontal (absceso periodontal y pericoronitis). El absceso apical agudo es la forma más común de abscesos dentales.²⁶

Existen infecciones endodónticas vía periodontal en que los microorganismos y sus productos colaterales pueden ingresar al conducto a través del foramen apical y los conductos laterales y accesorios. La microflora que reside en la cavidad oral y las condiciones anaeróbicas similares, favorecen el crecimiento de microorganismos anaerobios tanto en la pulpa infectada como en el periodonto. Esto, junto con las numerosas comunicaciones anatómicas entre la pulpa y el periodonto, puede al menos en parte, explicar por qué estos tienen entornos microbiológicos similares²³.

Hay evidencia histopatológica del cambio pulpar en dientes sin caries afectados periodontalmente; es probable que se limiten a la fibrosis, calcificaciones distróficas

y vascularidad. De hecho, se ha sugerido que el cambio inflamatorio irreversible de la pulpa sólo se produce una vez que los vasos apicales se han involucrado y esta última observación corroboraría aún más la adopción de una clasificación que distingue a las lesiones periodontales entre las que tienen o no comunicación en la proximidad del ápice de un diente.²⁷

El absceso periapical es el resultado de una infección de tejido pulpar que genera necrosis. Se forma cuando el pus escapa de las paredes de la cámara pulpar y los conductos radiculares, a través del foramen apical. Se forma un área de acumulación de pus y líquido en el hueso que rodea el ápice del diente. A medida que aumenta la presión, el absceso puede provocar la perforación del seno maxilar incluso osteomielitis; o más a menudo, se diseminan a los tejidos blandos, causando celulitis y complicaciones que incluyen la diseminación de la infección a los espacios profundos del cuello y la órbita, compromiso de la vía aérea, trombosis de la vena yugular interna. Los pacientes con abscesos presentan fiebre, dolor de dientes, hinchazón facial, disfagia, trismo y disnea. El tratamiento incluye antibióticos con posible drenaje de abscesos y tratamiento de conductos del diente afectado.²¹

Celulitis odontogénica y tratamiento

La celulitis y los abscesos se definen como una “infecciones progresivas de la piel y los tejidos subcutáneos, caracterizada por un dolor espontaneo local, a la palpación, edema y eritema”. Es un indicador controvertido, pues muchas veces se produce eritema y tumefacción alrededor de la herida por otros motivos, quizá por la inflamación local. La afectación de los espacios cervicofaciales ocurre por extensión de un absceso odontogénico, con afectación del estado general y fiebre. El diagnóstico clínico dependerá de los espacios afectados e implica la derivación para tratamiento hospitalario.²⁵

El tratamiento endodóntico tiene como función eliminar las bacterias del conducto radicular y prevenir la infección porque las bacterias y sus productos se consideran los principales factores ecológicos de las lesiones periapicales y el fallo del llenado del conducto radicular. Las infecciones de conducto radicular tienen una naturaleza

polimicrobiana; por lo tanto, los microorganismos anaeróbicos y anaerobios facultativos se encuentran generalmente juntos en la endodoncia y en los casos con enfermedad posterior al tratamiento.²⁸

Aunque numerosos pacientes tienen infecciones odontogénicas orofaciales, muchas de estas infecciones pueden tratarse con antibióticos, terapia endodóntica y tratamiento quirúrgico, incluido el drenaje. Sin embargo, cuando una infección bacteriana aguda ha progresado o la terapia antimicrobiana podría ser beneficiosa para los pacientes, se prescriben antibióticos. Cuando se prescriben antibióticos para el tratamiento de infecciones odontogénicas orofaciales, los médicos deben elegirlos según el caso específico, y la elección debe basarse en varios factores, como salud del paciente, edad, alergias, absorción del fármaco y capacidad de distribución.²⁹

La detección e identificación de microorganismos en las infecciones endodónticas ha mejorado. Tradicionalmente se pensó que había hasta 12 especies de bacterias en cualquier infección endodóntica no tratada. Las técnicas moleculares independientes de cultivo contemporáneo han revelado una microflora más diversa con hasta 20 especies de bacterias por infección endodóntica no tratada.³⁰

Microorganismos en procesos infecciosos

La cavidad oral es el primer segmento del aparato digestivo y comunica directamente con el exterior, por lo que no es una cavidad aséptica. Se encuentra recubierta por mucosa, donde se encuentra la salida encontramos las glándulas salivales y los dientes. Posee una variada flora comensal microbiótica o microbioma oral aerobia y anaerobia en equilibrio con el huésped. Este complejo ecosistema, único para cada individuo, está compuesto por más de 50,000 millones de bacterias de más de 700 especies, con unas 200 predominantes, de las cuales un 53% aún no tienen un nombre definido y un 35% aún no se han podido siquiera cultivar; Alberga además virus, hongos y parásitos.²⁶

Microorganismos de infecciones intrarradiculares.

- 1) Las especies anaeróbicas Gram negativas especies conocidas anteriormente como *Bacteroides melaninogenicus*.³¹

Seol y cols. investigaron la presencia de distintas especies de *Porphyromona* y *Prevotella* mediante la reacción en cadena de la polimerasa a partir de exudados de dientes con abscesos apicales; al menos una especie se halló en el 65% de las muestras, porcentaje superior al hallado mediante otras técnicas.³²

Estas bacterias han sido reclasificadas en dos géneros³¹:

- (a) especies sacarolíticas -*Prevotella*
- (b) como especies acárolíticas – *Porphyromonas*.

Las especies de *Prevotella* detectadas en infecciones endodónticas incluyen:³¹

- *Prevotella intermedia*
- *Prevotella nigrescens*
- *Prevotella tanneriae*
- *Prevotella multissacharivorax*
- *Prevotella baroniae* y
- *Prevotella denticola*.

Las especies de *Porphyromonas* detectadas en infecciones endodónticas incluyen:³¹

- *Porphyromonas endodontalis*
- *Porphyromonas gingivalis*.

2) *Tannerella forsythia* (anteriormente llamada *Bacteroides forsythus* o *Tannerella forsythenis*) fue el primer patógeno periodontal que se detectó en la infección endodóntica.³¹

3) Las especies de *Dialister* son cocobacilos anaeróbicos grampositivos obligatoriamente codificantes que se han detectado consistentemente en infecciones endodónticas³¹.

- *Dialister pneumosintes* y
- *Dialister invisus*.

4) *Fusobacterium* es también un miembro común de la microbiota endodóntica.³¹

- *Fusobacterium nucleatum*
- *Fusobacterium periodonticum*

5) Las espiroquetas son bacterias gramnegativas altamente móviles, en forma de espiral con flagelos periplásmicos. Todas las espiroquetas orales pertenecen al género *Treponema*. Las especies prevalentes son:³¹

- *Treponema denticola*
- *Treponema sacranskii*
- *Treponema parvum*
- *Treponema maltophilum* y
- *Treponema lecithinolyticum*.

6) También se han encontrado varillas anaeróbicas Gram positivas en la microbiota endodóntica, como:³¹

- *Pseudoramibacter alactolyticus*
- *Filifactor alocis*
- *Actinomyces* spp.
- *Propionibacterium propionicum*
- *Olsenella* spp.
- *Slackia exigua*
- *Mogibacterium timidum*
- *Eubacterium* spp.

7) Cocos gram positivos que están presentes en la infección endodóntica:³¹

- *Parvimonas micra* (previamente llamado *Peptostreptococcus micros* o *Micromonas micros*)

Streptococcus spp

Streptococcus anginosus

Streptococcus mitisi

Streptococcus sanguinis

- *Enterococcus faecalis*.

Otras bacterias spp. presentes en valores bajos a moderados incluyen:³¹

- *Campylobacter* spp. que son varillas anaerobias Gram negativas; especies comunes son
Campylobacter rectus y *Campylobacter gracilis*.
- *Catonella morbic* que es una varilla grampositiva anaeróbica obligada sacarolítica
- *Veillonella parvula*
- *Eikenella corrodens*
- *Granulicatella adiacens*
- *Neisseria mucosa*
- *Centipeda periodontii*
- *Gemella morbillorum*
- *Capnocytophaga gingivalis*
- *Corynebacterium matruchotii*
- *Bifidobacterium dentium*
- lactobacilos anaeróbicos.

Además de estos, varios filotipos no cultivados que pueden no ser reconocidos pero juegan un papel en la patogénesis de la periodontitis apical, como:³¹

- *Dialister* clonación oral BSO16

- *Migasphaera* clon oral BSO16
- *Solobacterium*
- *Olsenella*
- *Eubacterium*
- *Cytophaga*
- *Lachnospiraceae* clon oral 55A-34
- *Veillonella* clon oral BP 1-85
- Bacteroidetes clon oral XO 83
- *Prevotella* clona oral PUS 9.180
- Clon oral de *Eubacterium* BP 1-89 y
- *Lachnospiraceae* clon oral MCE 7-60.
- Otros microorganismos en infecciones endodónticas

Virus

Los virus se presentan en un conducto radicular necrótico. La presencia de virus en el conducto radicular se ha informado solo en pulpas vitales no inflamadas de pacientes infectados con el virus de la inmunodeficiencia humana y virus del herpes donde las células vivas se encuentran en abundancia. Entre los *herpes* spp., El citomegalovirus humano y el virus de *Epstein-Barr* pueden estar implicados en la patogénesis de la periodontitis apical.³¹

Algunos microorganismos son resistentes al tratamiento antimicrobiano y pueden sobrevivir en el conducto radicular después de la preparación biomecánica.³¹

Las barras anaeróbicas Gram negativas más comunes son:³¹

- *Fusobacterium nucleatum*
- *Prevotella* spp.
- *Campylobacter rectus*.

Las bacterias grampositivas más comunes son:

- Estreptococos (*Streptococcus mitis*, *Streptococcus gordonii*, *Streptococcus anginosus*, *Streptococcus oralis*)
- Lactobacilos (*Lactobacillus paracasei* y *Lactobacillus acidophilus*)

- Estafilococos
- *E. faecalis*
- *Olsenella uli*
- *Parvimonas micra*
- *Pseudoramibacter alactolyticus*
- *Propionibacterium spp.*
- *Actinomyces spp.*
- *Bifidobacterium spp.*
- *Eubacterium spp.*

E. faecalis y levaduras, principalmente *C. albicans*, se han identificado repetidamente como la especie más comúnmente recuperada de los conductos radiculares sometidos a retratamiento, en casos de terapia endodóntica fallida y canales con infecciones persistentes. *E. faecalis* son gram positivos, cocos y anaerobios facultativos. Son organismos intestinales normales y pueden habitar en la cavidad oral y el surco gingival. Cuando esta bacteria está presente en pequeños números, se elimina fácilmente; pero si es en grandes cantidades, es difícil de erradicar. *E. faecalis* tiene muchas características distintas que lo convierten en un sobreviviente excepcional en el tratamiento de conductos. Estos microorganismos pueden realizar lo siguiente:³¹

- Vivir y persistir en un ambiente pobre en nutrientes
- Sobrevivir en presencia de varios medicamentos (p. Ej., Hidróxido de calcio) e irritantes (p. Ej., Hipoclorito de sodio)
- Forma biofilms en canales medicados
- Invade y metaboliza fluidos dentro de los túbulos dentinarios y se adhiere al colágeno
- Convertir en un estado viable pero no cultivable Adquirir resistencia a los antibióticos
- Sobrevivir en ambientes extremos con pH bajo, alta salinidad y altas temperaturas

- Soportar períodos prolongados de inanición y utilizar líquido tisular que fluye desde el ligamento periodontal

Infecciones extrarradiculares.

Los microorganismos intrarradiculares generalmente se restringen en el conducto radicular debido a la barrera de defensa. En circunstancias específicas, los microorganismos pueden superar esta barrera de defensa y establecer una infección extrarradicular. Esto puede conducir al desarrollo de un absceso apical agudo con inflamación purulenta en el tejido periapical. Las infecciones extrarradiculares pueden estar asociadas o no a una infección intrarradicular. Los microorganismos dominantes presentes son bacterias anaerobias como:³¹

- *Actinomyces* spp.
- *Propionibacterium propionicum*
- *Treponema* spp.
- *Porphyromonas endodontalis*
- *Porphyromonas gingivalis*
- *Treverema forsythia*
- *Prevotella* spp. y
- *Fusobacterium nucleatum*.

Biofilms endodonticos.

Las biopelículas se definen como especies microbianas densamente agrupadas, unidas a una superficie biótica o abiótica rodeada por las sustancias exopoliméricas de producción propia. Los estudios han sugerido que hasta el 80% de las infecciones microbianas y más del 70% de las infecciones endodónticas están asociadas con biopelículas y biopelículas apicales intraconducto, respectivamente. En endodoncia, debido a la naturaleza recalcitrante de las biopelículas, durante el tratamiento de conductos, se requiere para tratar y / o prevenir la periodontitis apical. La persistencia de biofilms patógenos en el espacio del conducto radicular y su ambiente circundante se asocia con reacciones inflamatorias, dolor extremo, formación de abscesos y celulitis.²²

Las bacterias pueden formar biofilms en cualquier superficie que esté bañada en un fluido que contenga nutrientes. Los tres componentes principales implicados en la formación de biopelículas son las células bacterianas, una superficie sólida y un medio fluido.

La microbiota endodóntica se establece para ser menos diversa en comparación con la microbiota oral. La progresión de la infección altera el estado nutricional y ambiental dentro del conducto radicular, lo que lo hace más anaeróbico con niveles nutricionales reducidos. Estos cambios ofrecen un nicho ecológico difícil para los microorganismos supervivientes. Pero la desinfección completa del conducto radicular es muy difícil de lograr debido a la persistencia de los microbios en las complejidades anatómicas y la porción apical del conducto radicular. Debido a que el biofilm es la forma de crecimiento bacteriano que sobrevive a condiciones ambientales y nutricionales desfavorables, el entorno del conducto radicular favorecerá la formación de biopelículas.²³

Las biopelículas bacterianas endodónticas se pueden categorizar como:

- biopelículas intracanal
- biofilms extraradiculares
- biopelículas periapicales
- infecciones centradas en el biomaterial

En la actualidad, se sabe que la mayoría de los microorganismos existen como biopelículas y no en forma "*libre flotante*". Una **biopelícula** es una comunidad compleja de microorganismos incrustados en una matriz de polisacáridos que se adhieren a una superficie o entre sí, y las células exhiben características fenotípicas. En odontología, las biopelículas están presentes en las mangueras del agua de la unidad dental y como placa dental en las superficies de los dientes. En endodoncia, 15 tipos de biopelículas se han visualizado dentro de los conductos accesorios, 16 tipos en el agujero apical y 17 tipos dentro de los istmos. Las biopelículas son usualmente multiespecies y cada especie aporta su propia función benéfica

incluyendo mecanismos de supervivencia adaptativa y resistencia a los cambios ambientales adversos.³⁰

Cemento Portland

En 1810 Edgar Dobbs de introdujo un cemento de caliza y arcilla. En 1813, Vicat en Francia y en 1822 Frost en Inglaterra, comenzaron a hacer cementos de caliza y arcilla. Aspdin en 1824, obtuvo una patente en Inglaterra para fabricar un cemento perfeccionado, producido por el calentamiento de una mezcla de caliza y arcilla moliendo el producto resultante hasta convertirlo en polvo fino. A este polvo le dio el nombre de Cemento Portland (CP), por la similitud que tiene este cemento endurecido con ciertas canteras de piedra de la Isla de Portland, Inglaterra.³³

El cemento Portland es una clase de cemento hidráulico, el cual proviene de la pulverización fina del producto obtenido por calcinación a fusión incipiente de una mezcla íntima y debidamente proporcionada, de materiales arcillosos y calizas.

Componentes

El cemento Portland es una mezcla de varios compuestos, que se forma por una combinación química de las materias primas durante el proceso de calcinación en hornos. Los cuatro principales compuestos son: silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico y ferroaluminato tetracálcico los cuales constituyen el 90% en peso del cemento, el otro 10% restante lo pueden formar cal libre, magnesia, los álcalis etc.

Compuesto	Formula química	Nomenclatura	Características
Silicato Tricálcico	$3(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3)$	C_3S	Responsable de la resistencia a primeras edades, hasta los 28 días aproximadamente.
Silicato Dicálcico	$2(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_3)$	C_2S	Responsable de la resistencia a edades avanzadas. De 28 días en adelante.

Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_2A	Genera mucho más calor que una cantidad igual de los otros componentes. Es responsable de la variación de volumen, formación de grietas, ataque a los sulfatos.
Ferroaluminato Tetracálcico	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	Poca influencia en la resistencia.

Tabla 2.- Componentes del cemento Portland ³³

En México se fabrican los siguientes tipos de cementos Portland:

- Común o normal
- Modificado
- Resistencia rápida
- De bajo calor
- De alta resistencia

Cemento Portland Gris (CPg)

El Cemento Portland gris se caracteriza por tener alta resistencia mecánica y alta generación de calor durante su hidratación. Se emplea en construcciones de pavimentos y banquetas, edificios de concreto reforzado, puentes, tanques, productos prefabricados, trabajos de mampostería, y para todos los usos del cemento o concreto no sujetos al ataque de suelos o aguas sulfatadas o donde el calor generado por la hidratación del cemento no cause una elevación de temperatura objetable.³³

En diversos estudios se ha mostrado que existe un compuesto con características químicas similares al MTA[®]. Este compuesto es el Cemento Portland (CP) un material de uso industrial para la construcción. El MTA[®], así como el cemento Portland son materiales semejantes por sus principales componentes como el fosfato, calcio y silicio a excepción del óxido de bismuto le ofrece la radiopacidad.

En 1999 Wucherpfennig observó que el cemento portland tenía características biológicas, macroscópicas y microscópicas similares a las del MTA®, esto lo determinó mediante un análisis de difracción de rayos X. Posteriormente Islam y col, en el 2005, realizaron una comparación in vitro del Cemento Portland y el MTA® para poder determinar los componentes de estos materiales, mediante difracción de polvo de rayos X no encontraron diferencias significativas. Flores Botello y col, en 2000 en un estudio del Cemento Portland (CP) industrial, determinaron el crecimiento bacteriano y el pH de este material; establecieron que este cemento no favorece el crecimiento bacteriano, su alta alcalinidad (pH 10), que no proporciona las condiciones óptimas para la proliferación bacteriana.³⁴

Propiedades

Este cemento puede utilizarse en la construcción de todo tipo de elementos o estructuras de concreto simple o armado. Por sus propiedades (tabla 3) esta especialmente recomendado para aquellas obras en las que los elementos de concreto estarán expuestos a aguas salobres, ricas en sulfatos, como alcantarillados, pilotes, muelles y presas.

Es compatible con todos los materiales de construcción convencionales logrando excelentes resultados en la construcción tradicional de: pisos, firmes, castillos, trabes, zapatas, losas, columnas, etc.

Por su alta calidad puede ser usado en proyectos familiares hasta la construcción de fraccionamientos, casas, edificios, obras municipales, productos industrializados de concreto, bloques, tabicón, adoquines, etc.³⁵

Ventajas

Por su óptima proporción de materiales, la aplicación se caracteriza por generar mezclas de excelente:³⁵

- Manejabilidad
- Plasticidad
- Cohesividad

CARACTERÍSTICAS				
ESPECIFICACIONES MECÁNICAS	MÉTODO DE PRUEBA	RESULTADOS	UNIDADES	CONDICIÓN DEL RESULTADO
Resistencia a compresión a 3 días	NMX-C-061	20	N/mm ²	Valor mínimo esperado
Resistencia a compresión a 28 días	NMX-C-061	20	N/mm ²	Valor mínimo esperado
ESPECIFICACIONES FÍSICAS	MÉTODO DE PRUEBA	RESULTADOS	UNIDADES	CONDICIÓN DEL RESULTADO
Tiempo de fraguado inicial	NMX-C-059	45	Minutos	Valor mínimo esperado
Tiempo de fraguado final	NMX-C-059	600	Minutos	Valor máximo esperado
Expansión en autoclave	NMX-C-062	0.80	%	Valor máximo esperado
Contracción en autoclave	NMX-C-062	0.20	%	Valor máximo esperado
Expansión por ataque de sulfatos	NMX-C-418	0.10	%	Valor máximo esperado

Tabla 3.- Características Mecánicas y Físicas del Cemento Portland Gris.³⁵

Cemento Portland blanco (CPb)

Este cemento Portland blanco radica en su bajo o nulo contenido de óxido férrico, de ahí su color blanco. Su proceso de fabricación es semejante al de los demás cementos, la diferencia estriba en que las calizas que se emplean como materia prima son nulas en óxido férrico y las arcillas se sustituyen por caolín que es un material blanco a base de sílice y óxido de aluminio y muy bajo en óxido férrico. Una variante en su fabricación consiste en que los forros y las bolas de los molinos de crudo y acabado están hechos a base de cuarzo y no de acero, con el fin de no contaminar el cemento con rebabas de fierro que podrían proporcionarle un color gris. La Norma Mexicana lo clasifica también en el tipo I (común). Este cemento se emplea generalmente para usos decorativos o arquitectónicos, terrazos, mosaicos, estucos, esculturas etc.³³

Propiedades

El Cemento Portland Blanco (CPb) es el producto ideal para la construcción de obras arquitectónicas y la elaboración de elementos para fines ornamentales o decorativos que requieren de acabados aparentes finos y resistentes de gran calidad.

Su color blanco logra mayor luminosidad y además permite todo tipo de coloración adicionando los pigmentos adecuados. Producido bajo un estricto control de calidad utilizando equipos y tecnología de punta, garantizando una alta uniformidad del

cemento. Así como sus características generales (tabla 4). El Cemento Blanco cumple ampliamente con los requisitos de calidad como un Cemento Portland Ordinario de Clase Resistente 30 de Resistencia Rápida con la Características Especial Blanco (CPC 30R B) de acuerdo con lo estipulado por la norma mexicana NMX-C-414 –ONNCCE vigente³⁶

Ventajas:

- Ideal para concretos arquitectónicos
- Produce mezclas de excelente manejabilidad, plasticidad y cohesividad.
- Evita la segregación de la mezcla
- Permite la adición de pigmentos para obtener una amplia gama de colores y texturas.³⁷

CARACTERISTICAS				
Especificaciones Mecánicas	Método de prueba	Unidades	Condición especificada en la norma respectiva	
Resistencia a la compresión a 3 días	NMX-C-061	N/mm ²	20	valor mínimo esperado
Resistencia a la compresión a 28 días	NMX-C-061	N/mm ²	30	valor mínimo esperado
		N/mm ²	50	valor mínimo esperado
Especificaciones Físicas	Método de prueba	Unidades	Comportamiento esperado	
Tiempo de fraguado inicial	NMX-C-059	minutos	180	valor promedio
Tiempo de fraguado final	NMX-C-059	minutos	400	valor promedio
Expansion en autoclave	NMX-C-062	%	0.01	valor promedio
Especificaciones Especiales	Método de prueba	Unidades	comportamiento esperado	
Blancura	NMX-C-414	%	70	valor mínimo esperado

Tabla 4.- Características Mecánicas, Físicas y especiales del Cemento Blanco.³⁵

Concentración de iones H en solución (pH)

El concepto de pH fue introducido por primera vez por Sørensen (1909) y se define como la concentración de iones de hidrógeno en una disolución. Teóricamente lo definió por una relación logarítmica: ³⁸

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log [H^+]$$

Figura 1.- Relación logarítmica del pH

La concentración de hidrogeniones se expresa como el valor de pH, que indica el estado ácido o alcalino de una solución. El punto de equilibrio entre los iones Hidronio (H_3O^+ , ion ácido del agua) e Hidroxilo (OH^- , ion básico del agua) se da a una concentración de 10^{-7} moles/L. Por lo tanto, aplicando la definición de pH, se expresa que el valor de pH 7 es un valor neutro entre acidez y alcalinidad. ³⁹

La capacidad teórica de disociación del agua en sus dos iones, marca los límites de la escala de valores posibles del pH³⁹:

- pH Alcalino: es cualquier valor de pH mayor a 7.
- pH Ácido: es cualquier valor de pH menor a 7.
- pH Neutro: es un valor de pH de 7.

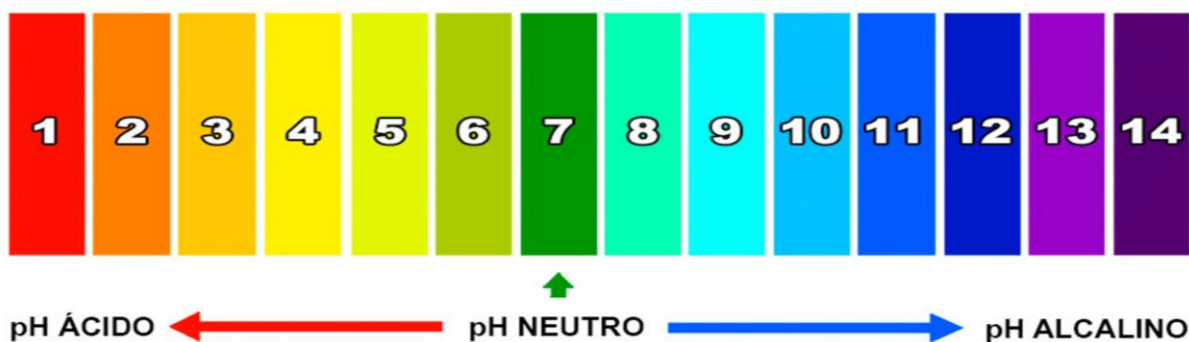


Figura 2.- Escala de pH⁴⁰

En todo organismo vivo, se producen sustancias ácidas y alcalinas a partir del metabolismo de hidratos de carbono, lípidos y proteínas. El ion hidrógeno es la sustancia resultante más importante de estos procesos metabólicos y está presente en todos los compartimentos corporales, y es el responsable del nivel de acidez o alcalinidad de los líquidos y tejidos corporales³⁹.

La escala de pH supone una manera conveniente de designar la concentración de H^+ (y por consiguiente de OH^-) en cualquier disolución acuosa entre 1.0 M de H^+ y 1.0 M de OH^- .

El valor de 7 para el pH de una disolución exactamente neutra no es una cifra escogida de manera arbitraria; proviene del valor absoluto del producto iónico del agua a 25°C. Las disoluciones que tienen un pH superior a 7 son alcalinas o básicas y en ellas la concentración de OH^- es mayor que la de H^+ . Inversamente, las disoluciones con un pH inferior a 7 son ácidas. La escala de pH es logarítmica y no aritmética (Fig. 2), es decir que el pH de dos disoluciones difiere en 1 unidad de pH y significa que una solución tiene concentración de H^+ diez veces superior al de la otra³⁹, pero no dice cuál es el valor absoluto de la diferencia.⁴¹

Se puede medir aproximadamente el pH de una disolución acuosa utilizando diversos colorantes indicadores, entre ellos el tornasol, la fenolftaleína y el rojo fenol que experimentan cambios de color cuando se disocia un protón de la molécula de colorante. Las determinaciones precisas de pH en el laboratorio químico o clínico se hacen con un electrodo de vidrio que es selectivamente sensible a la concentración de H^+ pero que son insensibles al Na^+ , K^+ y otros cationes. En un potenciómetro se amplifica la señal de un electrodo de vidrio colocado en la disolución a ensayar y se compara con la señal generada por una disolución cuyo pH se conoce con exactitud.⁴¹

Microorganismos y pH.

El mantenimiento del pH intracelular estable es un requisito primario para el funcionamiento óptimo de los procesos fisiológicos. Sin embargo, el desequilibrio del pH es igualmente dañino para los microorganismos, muchos de los cuales presentan variaciones extremas de pH en el medio ambiente. Para la supervivencia de las células eucariotas, las principales rutas metabólicas deben funcionar de manera óptima, y esto requiere una regulación estricta de los parámetros ambientales a los que son sensibles.⁴²

El crecimiento de los microorganismos tiene un pH óptimo para el crecimiento de un organismo y valores de pH extremos que reducen mucho el crecimiento. El pH extremo afecta la estructura de todas las macromoléculas. Los enlaces de hidrógeno que unen cadenas de ADN se rompen a pH alto. Los lípidos se hidrolizan en un pH extremadamente básico. La fuerza motriz del protón responsable de la producción de ATP en la respiración celular depende del gradiente de concentración de H^+ a través de la membrana plasmática. Si los iones H^+ se neutralizan con iones de hidróxido, el gradiente de concentración se colapsa y perjudica la producción de energía. Pero el componente más sensible al pH en la célula es su caballo de batalla, la proteína. Los cambios moderados en el pH modifican la ionización de los grupos funcionales de aminoácidos y alteran los enlaces de hidrógeno, lo que a su vez promueve cambios en el plegamiento de la molécula, promoviendo la desnaturalización y destruyendo la actividad.⁴³

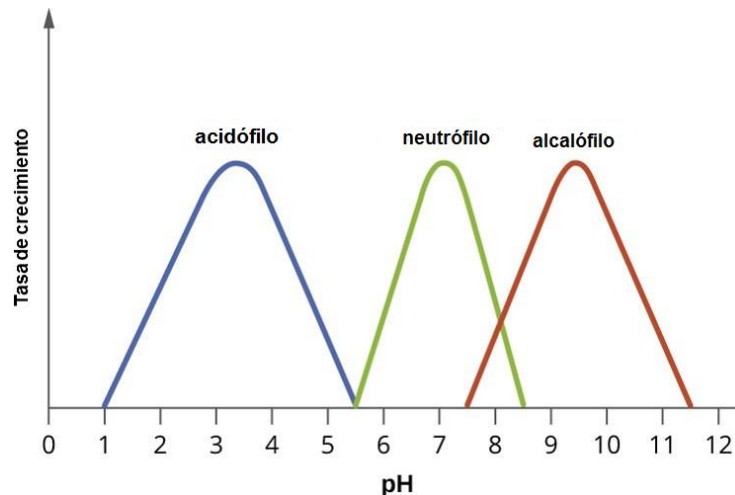


Figura 3.- Curvas de pH

La Figura 3 representa el pH en el eje X y velocidad de crecimiento en el eje Y. Una curva en forma de campana tiene un pico aproximado de pH 3 y desciende, alcanzando una tasa de crecimiento de 0 a pH 1 y 5.5. Esta curva está etiquetada como acidófilo. La otra curva de campana tiene un pico de 7 y cae a 0 a pH 5.5 y 8.5. Esto se llama neutrófilo. La curva final alcanza un máximo pH de 9.5 y cae a 0 con un pH de 7.5 y 11.5. Esta última está etiquetada como alcalófilos.

Las bacterias acidógenas (productoras de ácido) y ácido (resistentes a los ácidos) que constituyen el biofilm oral fermentan azúcares metabolizables, produciendo ácido que puede reducir el pH de 7 a 4.0 en 3 minutos. Esto es significativo, dado que la desmineralización de los dientes puede ocurrir a un pH de 5.2 o menos.^{31,43}

La capacidad de las bacterias para sobrevivir y crecer en condiciones alcalinas de pH es de gran importancia en la epidemiología de bacterias patógenas. La tolerancia alcalina, a su vez, depende fuertemente de los mecanismos de la homeostasis del pH alcalino. Los análisis de transcriptoma y proteoma han complementado recientemente los estudios fisiológicos y genéticos, revelando numerosas adaptaciones que contribuyen a la homeostasis del pH alcalino. Estos incluyen niveles elevados de enzimas que promueve la captura y retención de protones (por ejemplo, la ATP sintasa y antiportadores de cationes/ protones monovalentes), cambios metabólicos que conducen a una mayor producción de ácidos y cambios

en las capas de la superficie celular que contribuyen a la retención citoplasmática de protones.⁴⁴

Las bacterias deben de mantener un pH citoplasmático que sea compatible con la integridad funcional y estructural óptima de las proteínas citoplasmáticas que favorecen el crecimiento. La mayoría de las bacterias no extremófilas crecen en una amplia gama de valores de pH extremo de 5.5-9.0 y mantienen un pH citoplasmático que se encuentra dentro del rango de pH 7.4-7.8, por lo cual tienen la capacidad de acidificar o alcalinizar el citoplasma en relación con el medio externo. *Enterococcus (Streptococcus) faecalis* puede crecer en presencia de ionóforos que inhiben la circulación de H⁺ requerida para la homeostasis del pH si las células se cultivan en un medio rico en K⁺ y bajo en Na⁺ y tiene un pH cercano a 7.6. La homeostasis bacteriana del pH alcalino, también ocupa un lugar destacado en los ciclos de la vida de los patógenos, así como ecológica e industrialmente importantes bacterias.⁴⁴

Influencia de pH en el proceso de reparación

El proceso de cicatrización o curación de heridas involucra una serie de eventos que ocurren en respuesta a una lesión, su finalidad es lograr que ese tejido dañado sane. Estos eventos que se desarrollan son: controlar el sangrado, establecer una línea de defensa, eliminar restos necróticos, bacterias o cuerpos extraños en el sitio de la lesión y formación de tejido conectivo cicatrizal.⁴⁵

Una lesión se define como una interrupción en la continuidad de los tejidos. Esto desencadena una reacción básica de defensa en el organismo durante la inflamación. Para devolver la continuidad de los tejidos perdidos y restablecer la función es necesario que se desarrolle el proceso de curación. Existen dos formas de curar las heridas, una es a partir de la regeneración de los tejidos y otra a partir de la reparación. El término regeneración es aplicado a aquellos fenómenos biológicos en los cuales la anatomía y función de los tejidos dañados, son restauradas en forma completa. En cambio la reparación o formación de cicatriz son

aquellos procesos biológicos en donde se restablece la continuidad del tejido lesionado por una nueva formación tisular que no restaura su anatomía y función.⁴⁵

En el proceso de reparación, el tejido de granulación es remodelado y madurado hacia la formación de una cicatriz. Se inicia el proceso de osteogénesis y mineralización. Hay un aumento del pH y de la enzima fosfatasa alcalina. Esto promueve la precipitación de fosfato de calcio, el cual inicia la mineralización, la cual está limitada al espacio físico disponible por las fibras de colágeno dispuestas longitudinalmente.⁴⁵

En la región pulpo- periodontal provocan una reacción inflamatoria con la liberación de una cantidad de señales que promueven los procesos de curación y reparación. Se produce entonces una inducción sobre poblaciones celulares a la proliferación, migración o diferenciación.⁴⁵

El aumento del pH es bactericida e inhibe también la actividad osteoclástica. Estudios han demostrado que a un pH 11.5 o mayor, el *Enterococcus faecalis* no puede sobrevivir; sin embargo, sí puede hacerlo a valores menores. Debido a la arquitectura de la dentina, es poco probable que el pH alto del hidróxido de calcio alcance los túbulos dentinarios, donde *Enterococcus faecalis* tiene la capacidad de penetrar profundamente. Aunque el pH de las pastas de hidróxido de calcio utilizado en endodoncia generalmente es 12.3 en la dentina radicular, la alcalinidad alcanzada no excede al pH 10.3 después de cubrirse los conductos con hidróxido de calcio; este valor puede caer incluso a pH 8.5-9.0 dentro del sistema de conductos radiculares debido a la obturación tubular de la dentina, valor que no es suficientemente alto para erradicar *al Enterococcus faecalis*.⁴⁶

pH de zona infectada

El contenido de bacterias y sus subproductos, generan una destrucción tisular causada principalmente por las células inflamatorias y sus enzimas extracelulares. Este proceso aumenta la dilatación arterial y un aumento de flujo sanguíneo en la

lesión, dando una permeabilidad vascular. Este infiltrado contiene los leucocitos y neutrófilos, que migran junto con agentes fagocíticos al tejido lesionado.^{38,47}

El pH de los neutrófilos y monocitos cae a 3.5 - 4.5 dentro de 7-15 min después de la ingestión de microorganismos. Este fenómeno inicia una hidrólisis ácida y degradación de microorganismos muertos. Al mismo tiempo, leucocitos polimorfonucleares (PMN) que exhiben signos de lesión celular y / o mueren, liberan su ácido contenido en el entorno extracelular. Los restos de microorganismos, partículas, y restos de neutrófilos pueden formar posteriormente pus, que se puede definir como un líquido grueso opaco, usualmente de color amarillento a verde que está formado por exudado, leucocitos, diversas especies de bacterias la mayoría de las cuales son anaerobias, células muertas y restos de tejido.³⁸

Las lesiones apicales son un conjunto de procesos inflamatorios crónicos generalmente producidos por microorganismos o sus productos, residiendo o invadiendo el tejido periapical del conducto radicular y que se manifiestan por la respuesta de defensa del huésped al estímulo microbiano en el sistema de conductos radiculares. En cuanto a su patogenia, se ha descrito que inicia con el desarrollo de la destrucción perirradicular de los tejidos después de la infección bacteriana de la pulpa dental, de tal forma que los componentes de la pared celular de las bacterias reaccionan con los monocitos, macrófagos, fibroblastos y otras células del sistema inmune.⁴⁸

La velocidad de destrucción tisular dentro de la lesión dependerá del crecimiento bacteriano dentro de los focos, la virulencia de los gérmenes y el pH local. Un ambiente ácido favorece la actividad de las enzimas lisosómicas y promueve la destrucción tisular.⁴⁹

Planteamiento del Problema

En los procesos infecciosos el entorno tisular tiene alteraciones que modifican sus características de homeostasis, por esta razón las condiciones de medio ambiente tienden a compensar los cambios producidos por la respuesta inflamatoria ante los microorganismos. Uno de los cambios principales ocurre por la presencia de los productos residuales de la acción de los macrófagos, cambiando el pH del ambiente por la presencia de enzimas producto de la fagocitosis y también por el metabolismo microbiano. Como parte de las acciones terapéuticas endodónticas se persigue el cambio de estas condiciones, razón por la cual se utilizan agentes antimicrobianos para disminuir los procesos infecciosos al tiempo de crear condiciones que modifiquen el entorno donde se desarrolla la infección. En las acciones que persiguen el cambio en las condiciones ambientales se utilizan compuestos que modifican el pH, entre ellos destacan los compuestos cerámicos como los agregados minerales como el MTA[®] blanco y gris. Estos materiales son ampliamente utilizados en los procedimientos endodónticos, y en este contexto se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuál es el efecto del pH en disoluciones ácidas al agregar materiales biocerámicos?

Justificación

El uso de materiales cerámicos en la clínica endodóntica es aceptado y tiene diversas aplicaciones, sin embargo se da como un hecho que el pH alto que refieren los fabricantes es suficiente para modificar las condiciones del medio extracelular presente en los procesos infecciosos, pero en la literatura no hay información suficiente que permita conocer la cinética de reacción de los materiales cerámicos en el ambiente ácido, y además cuando los valores de ese ambiente varían, ya que en la literatura se menciona que el valor de pH en procesos infeccioso puede estar en el rango de 6.4 a 6.8. Por esta razón se plantea realizar una investigación que permita conocer la variación del pH en disoluciones que simulan el proceso infeccioso a las cuales se le agreguen compuestos utilizados en los procedimientos endodónticos y compararlos con aquellos de uso industrial, que en principio tienen composición muy similar.

Objetivo

General:

- Determinar la cinética de reacción midiendo valores de pH de los materiales biocerámicos como el MTA y el CP en diferentes disoluciones ácidas.

Específicos:

- Conocer la variación del pH en las diferentes disoluciones ácidas agregando MTA_b, MTA_g y CP.
- Recrear las condiciones de una infección periapical al utilizar disoluciones ácidas.
- Comparar las cinéticas de reacción del MTA biocompatibles MTA_b y MTA_g contra los Cementos Portland de uso industrial
- Determinar qué material y en qué tiempo se estabiliza el pH.

Hipótesis

Trabajo

- El pH de disoluciones ácidas se modificará al agregar compuestos de MTA y cemento Portland.

Nula

- El pH de disoluciones ácidas no se modificará al agregar compuestos de MTA y cemento Portland.

VARIABLES				
Variable	Tipo de variable	Identificación	Operacionalización	Escala de medición
pH	Dependiente	V. cuantitativa discontinuas	La variación de los iones hidrógeno en las disoluciones ácidas al agregar los diferentes compuestos biocerámicos, varía en la escala ácido-base y se expresa en unidades decimales.	Razón
Materiales cerámicos: MTA®: <ul style="list-style-type: none"> • Blanco • Gris Cemento Portland: <ul style="list-style-type: none"> • Blanco • Gris 	Independiente	V. cualitativa nominal	Son materiales cerámicos con agregados minerales y un pH alcalino. En este estudio se considera el biocerámicos MTA gris. MTA blanco y el cemento Portland gris y blanco y se mide en la escala nominal.	Nominal

Materiales y Métodos

Recursos

Materiales

- Vasos de precipitados 50 mL y 600 mL (Pirex®, México)
- Probeta 100 mL (Pirex®, México)
- Vidrios de reloj (Sin marca,México)
- Espátula para polvos (Sin marca, México)
- Agitadores magnéticos (Fisherbrand, USA)
- Barra magnética (Cole-Palmer,USA)
- Soportes universales (Cole-Palmer,USA)

Reactivos

- Ácido Acético (J.T. Baker, México)
- NaOH (J. T. Baker, México)
- Agua desionizada (Hycel, México)
- Fosfato de potasio monobásico (J.T. Baker, México)
- Fosfato de potasio tribásico (J.T. Baker, México)
- Cloruro de calcio (J.T. Baker, México)
- Cloruro de potasio (J.T. Baker, México)
- Fluoruro de sodio (J.T. Baker, México)
- Carboximetil celulosa (Droguería Cosmopolitan, México)

Humanos

- Cristina Verónica Díaz Aguñiga
- Dr. Miguel Ángel Araiza Téllez
- Dr. Carlos Andrés Álvarez Gayosso

Financieros

- Los materiales serán cubiertos por el tesista con fondos propios.

Químicos

- MTA (Angelus[®], Brasil)
- Cemento blanco (MIXSA[®], México)
- Cemento Portland gris (CEMEX[®], México)
- Saliva artificial (Fac. Odontología, UNAM)

Infraestructura y Equipos

- Laboratorio de Materiales Dentales, División de Estudios de Posgrado e Investigación; Facultad de Odontología UNAM
- Balanza analítica (Boeco[®], EUA)
- Platina magnética con calentamiento (Ciremarec[®], Malaysia)
- Potenciómetro PC45 (Conductronic[®], USA)
- Computadora portátil (Dell[®], Malaysia)

Método

Los compuestos cerámicos de uso biológico fueron obtenidos del mercado nacional, estos fueron: MTA blanco (MTA Angelus[®], Brasil), MTA gris (MTA Angelus[®], Brasil); mientras que el cemento blanco y cemento Portland convencional de uso industrial se consiguieron de proveedores nacionales. Figura 4.

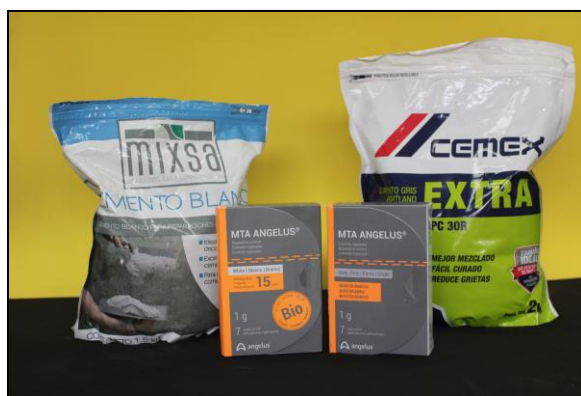


Figura 4.- Materiales cerámicos.

Preparación de disoluciones.

Para la preparación de las disoluciones ácidas se utilizaron botellas de agua Bonafont[®] que fueron preparadas de acuerdo a la fórmula del laboratorio de Materiales Dentales de la Facultad de Odontología, a continuación se mencionan los componentes de esta solución: Cada solución de saliva artificial se preparó en un vaso precipitado de 2000mL, por separado se pesaron cantidades específicas de las siguientes sales: KH_2PO_4 , $\text{K}_3\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, KCl, NaF, para la carboximetil celulosa su peso cambio dependiendo de la concentración a la que se realizó: 1:1 (6.0g), 1:1.5 (9.0g) y 1:2(12.0g). La formulación de la saliva artificial se encuentra en trámite de propiedad industrial (Patente pendiente). Las sales se fueron incorporando al agua hasta lograr una mezcla homogénea. Se calibró el potenciómetro a un pH 7.01 y se tomó la medición de cada disolución, se envasaron y etiquetaron para su conservación. Figura 5.



Figura 5.- Saliva en diferentes viscosidades.

Para el momento de inicio de la fase experimental se colocaron 50mL en 5 vasos de precipitado de 100mL. En cada vaso se ajustó el pH a los siguientes valores: 6.2, 6.4, 6.6, 6.8, y 7.0 mediante la adición por goteo de ácido acético y KOH (1M) para obtener los valores determinados, las disoluciones se mantuvieron en agitación constante (barra magnética) y a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ en un agitador con platina de calentamiento hasta alcanzar la estabilidad en el valor de pH deseado. Figura 6.



Figura 6.-Calibración de pH con ácido acético y NaOH.

Determinación de masa

Los compuestos MTA® blanco, MTA® gris, cemento Portland blanco y cemento Portland gris se pesaron individualmente en una balanza analítica, a una resolución de 0.0001, es decir diezmilésimas de gramo para obtener una masa específica. Figura 7.



Figura 7.-Determinación de masa de los materiales cerámicos (a) en la balanza analítica (b).

Los polvos pesados fueron incorporados a cada disolución cuando la temperatura estaba constante a 37 °C, la agitación constante permitió la disolución de los polvos y la formación de aglomerados. Figura 8.

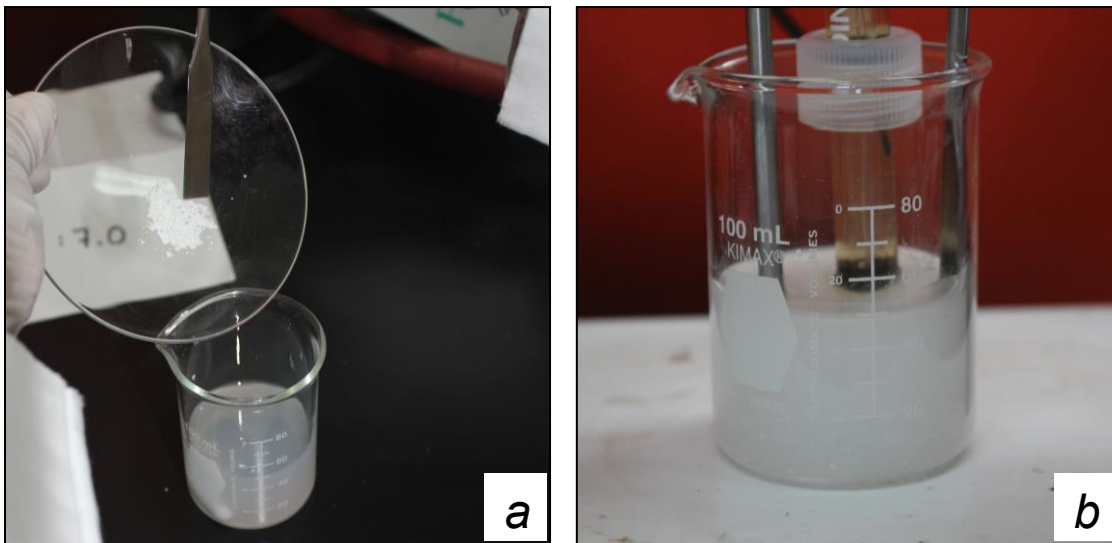


Figura 8.- Incorporación de los materiales cerámicos a las disoluciones ácidas (a) en el sistema de agitación continua (b).

Cinética de reacción.

La medición de pH se realizó con un Potenciómetro (Conductronic PC45, USA) y electrodo de pH, previamente calibrado con una disolución de 7.01. Las lecturas se tomaron en intervalos de 10 minutos, haciendo limpieza del electrodo con agua desionizada entre cada una de las mediciones de las disoluciones, desde el inicio, hasta las 9 horas y un último valor a las 24 horas, es decir 556 mediciones por cada disolución. Figura 9



Figura 9.- Sistema para determinar la cinética de reacción de los materiales cerámicos.

Resultados

Los datos obtenidos de cada uno de los materiales cerámicos en las diferentes viscosidades desde el inicio de experimento hasta las 24 horas se encuentran en como anexos al final del documento (Tablas 21 a 32).

Conforme al análisis de los resultados en la cinética de reacción en las distintas disoluciones ácidas con la viscosidad 1:1.0 al que se le agregó el MTA_b se obtuvo una reacción similar en las diferentes disoluciones ácidas con pH de 6.2 a 7.0 (tabla 5). El pH 6.4 (11.48) alcanzó un mayor nivel, seguido de los pH 6.2 (11.02), pH 6.8 (10.70) y pH 7.0 (10.63) mientras que el valor del pH 6.6 fue el que menor nivel de reacción obtuvo (pH=10.56), con lo cual al analizar los valores promedios estos coinciden en las diferentes disoluciones. Las reacciones en los pH 6.2, pH 6.4, y pH 7.0 en esta viscosidad se observa más del 70% de la reacción en estas disoluciones, mientras que los pH 6.6 y pH 6.8 tienen valores de más del 80% de la reacción en estas disoluciones alcalinas.

Valores de pH y porcentaje de reacción del MTA Blanco con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:1.0					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	10.06 (75.72%)	10.41 (77.84%)	10.11 (80.26%)	10.41 (83.03%)	10.09 (74.46%)
9 h	11.02 (92.87%)	11.48 (92.94%)	10.56 (84.98%)	10.7 (88.24%)	10.63 (86.63%)
24 h	11.39 (100%)	11.50 (100%)	11.26 (100%)	11.22 (100%)	11.19 (100%)

Tabla 5.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Blanco a una viscosidad de 1:1.0

En el caso de la cinética de reacción en las disoluciones ácidas con la viscosidad 1.5 en MTA Blanco, permitió observar un comportamiento parecido entre las distintas disoluciones con pH diferente (de 6.2 a 7.0). Representada en la tabla 6. Las disoluciones con pH más ácido pH 6.4 (12.02) y pH 6.2 (11.94) alcanzaron los mayores niveles alcalinos en esta viscosidad, mientras que en 6.6 fue el que menor incremento obtuvo (10.93), lo cual coincide con los valores promedios de cada disolución. En cuando a la velocidad de reacción o cambio se observa que la mayor cantidad de los cambios y el valor promedio de las disoluciones ácidas, pH 6.4

(91.75%), pH 6.2 (85.34%), pH 6.8 (58.70%) y pH 7.0 (119.73) representaron más del 80% de la reacción en la disolución, el pH 6.6 (58.70) que alcanzó más del 50% de la disolución.

Valores de pH y porcentaje de reacción de MTA Blanco con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:1.5					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	11.09 (85.34%)	11.41 (91.75%)	9.43 (58.70%)	10.60 (84.33%)	10.45 (79.86%)
9 h	11.94 (98.97%)	12.02 (98.60%)	10.41 (79.87%)	10.93 (91.17%)	10.88 (88.79%)
24 h	12.0 (100%)	12.10 (100%)	11.37 (100%)	11.33 (100%)	11.37 (100%)

Tabla 6.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Blanco y una viscosidad 1:1.5

En la cinética de reacción en el pH de las disoluciones ácidas de pH 6.2 a 7.0 con una viscosidad 2.0 (tabla 7), en un tiempo de 9 horas se observó que en las disoluciones con pH 6.4 (11.83) y pH 6.2 (11.58) se obtuvieron los mayores niveles alcalinos, seguido del pH 7.0 (10.91), mientras que los valores más bajos se encuentran en los pH 6.8 (10.69) y pH 6.6 (10.51). En el análisis de un último valor a las 24 horas, la disolución ácida con mayor reacción es el pH 7 (11.27) seguido de los pH 6.8 (11.30), pH 6.4 (11.22), pH 6.2 (11.10), mientras que el de menor valor es el pH 6.6 (10.86). La reacción del pH en esta viscosidad se evaluó conforme el valor promedio de las disoluciones ácidas y represento un 60% en el pH 6.6 seguido de un 70% en el pH 6.8 y valores mayores con un promedio más del 80% en los pH 6.2, pH 6.4 y pH 7.0.

Valores de pH y porcentaje de reacción del MTA Blanco con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:2.0					
pH	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	10.87 (83.21%)	11.07 (84.32%)	9.31 (62.91%)	10.07 (72.89%)	10.58 (84.31%)
9 h	11.58 (96.07%)	11.83 (97.84%)	10.51 (91.78%)	10.69 (86.4%)	10.91 (91.57%)
24 h	11.80 (100%)	11.95 (100%)	10.86 (100%)	11.3 (100%)	11.27 (100%)

Tabla 7.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0

En los resultados de la cinética de reacción del MTA Gris en diferentes disoluciones ácidas y a una viscosidad de 1:1.0, representada en la tabla 8, en un tiempo de 9 horas se observa que las disoluciones con pH 6.2 (10.95) y pH 6.4 (10.81) son los que tienen un valor mayor, seguido de las disoluciones con pH 6.8 (10.53) y pH 7.0 (10.64) y un menor valor es del pH 6.6 (10.34), mientras los valores de los promedios coinciden en las diferentes disoluciones ácidas. En cuanto a los promedios de reacción de los pH 6.2 y pH 6.4 de las disoluciones ácidas se encuentran por arriba del 80% acumulado de la reacción, a excepción de la disolución ácida del pH 6.6 que solo llegó al 68.74% y los pH 6.8 y 7.0 en un 70% de su reacción en esta viscosidad.

Valores de pH y porcentaje de reacción del MTA Gris con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:1.0					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	10.54 (88.33%)	10.62 (89.96%)	9.72(68.74%)	10.13 (75.28%)	10.23 (74.94%)
9 h	10.95 (95.57%)	10.81 (92.26%)	10.34 (82.93%)	10.53 (84.58%)	10.64 (84.45%)
24 h	11.17 (100%)	11.18 (100%)	11.11 (100%)	11.21 (100%)	11.31 (100%)

Tabla 8.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Gris a una viscosidad de 1:1.0

En los valores del MTA Gris en las disoluciones ácidas a distintos pH de 6.2 hasta 7.0 a una viscosidad 1:1.5. (tabla 9), en un tiempo de 9 horas se analizaron los valores dando como resultado que las disoluciones con mayor nivel son pH 6.2 (11.30) y pH 6.4 (11.26), seguidos de los pH 6.8 (10.73) y pH 7.0 (10.74), el menor incremento se encuentra la disolución ácida 6.6 (10.69). Conforme a los valores de la reacción, los resultados de los promedios se aprecia que las disoluciones ácidas pH 6.2, pH 6.4 se encuentran por arriba del 80%; la disolución ácida con pH 7.0 está en un 70 % mientras que los valores pH 6.6 y pH 6.8 están en un 60% de la reacción de estas disoluciones ácidas.

Valores de pH y porcentaje de reacción del MTA Gris con respecto al tiempo en solución ácida y viscosidad 1:1.5					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	10.26 (80.04%)	10.62 (86.87%)	9.53 (61.37%)	9.63 (60.75%)	10.11 (70.90%)
9 h	11.30 (99.80%)	11.26 (98.18%)	10.69 (87.77%)	10.73 (86.18%)	10.74 (86.37%)
24 h	11.31 (100%)	11.35 (100%)	11.26 (100%)	11.36 (100%)	11.33 (100%)

Tabla 9.-Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Gris a una viscosidad de 1:1.5

El análisis de los valores de las disoluciones ácidas al agregar MTA Gris a las diferentes concentraciones de pH de 6.2 a 7, en la tabla 10 se observa que los resultados a las 9 horas en las disoluciones ácidas pH 6.4 (11.42) y pH 6.2 (11.13) son los que tienen mayor valor, seguidos por la disolución pH 6.8 (10.47) y pH 7.0 (10.80), y el de menor valor en la reacción en las disoluciones ácidas fue el pH 6.6 (10.21). En cuanto a los valores de los promedios de reacción de las disoluciones, la mayor reacción se da en el pH 6.8 (81.46%), mientras que en las disoluciones pH 6.2, pH 6.4 tienen un acumulado de 70% y las de menor reacción fueron las disoluciones con pH 6.6 y pH 7.0 con más del 60% de acumulado.

Valores de pH y porcentaje de reacción en MTA Gris con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:2.0.					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	10.32 (71.45%)	10.57 (77.02%)	9.59 (69.68%)	9.95 (81.46%)	10.03 (68.62%)
9 h	11.13 (84.27%)	11.42 (88.07%)	10.21 (83.56%)	10.47 (95.82%)	10.80 (85.78%)
24 h	12.05 (100%)	12.10 (100%)	10.92 (100%)	10.63 (100%)	11.43 (100%)

Tabla 10.- Valores de pH y porcentajes promedio en MTA Gris a una viscosidad de 1:2.0.

En el análisis de los valores obtenidos de la cinética de reacción del Cemento Blanco (CB) en distintas disoluciones ácidas, cuyo pH que era del 6.2 al 7.0 y una viscosidad de 1:1.0 (Tabla 11), al analizar los resultados en un tiempo de 9 horas, se destaca que las disoluciones pH 6.2 (9.77) y pH 6.4 (9.61) son las que obtienen los valores más altos, seguidos de pH 6.6 (9.27), pH 7.0 (9.29) y con los valores

menores se encuentra la disolución pH 6.8 (8.22). En cuanto al promedio porcentual se observa que las disoluciones pH 6.4, pH 6.2 y pH 6.6 tienen el 50% del valor total de la reacción, mientras que la disolución a pH 7.0 tiene una reacción del 33.18% y el pH 6.8 alcanzó una reacción con un porcentaje del 29.91%

Valores de pH y porcentaje de reacción en C. Blanco con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:1.0					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	8.96 (55.98%)	9.14 (56.85%)	8.90 (53.32%)	8.12 (29.91%)	8.43 (33.18%)
9 h	9.77 (71.12%)	9.61 (66.60%)	9.27(61.10%)	8.22 (31.70%)	9.29 (53.13%)
24 h	11.22 (100%)	11.22 (100%)	10.97 (100%)	11.28 (100%)	11.31 (100%)

Tabla 11.- Valores de pH y porcentajes promedio en C. Blanco a una viscosidad de 1:1.0.

En el análisis de los resultados del Cemento Blanco a diferentes disoluciones ácidas con pH 6.2 al 7.0 con una viscosidad de 1:1.5 (tabla 12) se observa que en un tiempo de 9 horas, la disolución ácida pH 6.2 (12.04) es el valor más alto, seguido por las disoluciones con pH 6.4 (11.68), pH 6.6 (11.64) y pH 7.0 (11.23) mientras que la solución con menor valor es el pH 6.8 (10.04). Los valores en porcentajes de los promedios dan como resultado que la mayor reacción, en la disolución ácida con pH 7.0 (92.91%), seguidas del pH 6.4 y pH 6.6 con más de un 80% de su reacción, pH 6.2 con un 79.66% y el de menor acumulado en la solución con pH 6.8 con un 61.2

Valores de pH y porcentaje de reacción en C. Blanco con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:1.5					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	10.92 (79.66%)	10.78 (81.31%)	10.98 (85.69%)	9.54 (61.21%)	10.94 (92.91%)
9 h	12.04 (98.98%)	11.68 (98.69%)	11.64(98.82%)	10.04 (75.70%)	11.23 100%
24 h	12.10 (100%)	11.75 (100%)	11.70 (100%)	11.08 (100%)	11.23 (100%)

Tabla 12.-Valores de pH y porcentajes promedios en C. Blanco a una viscosidad de 1:1.5

Los valores obtenidos en el Cemento Blanco a una viscosidad de 1:2.0 en las distintas disoluciones ácidas en pH de 6.2 hasta 7.0. La tabla 13 muestra los valores del pH en las disoluciones a 9 horas dando como resultado que la disolución pH 6.6 (10.2) tiene el mayor valor, seguido de las disoluciones pH 7 (9.83), pH 6.8 (9.62) y pH 6.2 (8.02) y con un menor valor la disolución pH 6.4 (7.39) en comparación de los valores obtenidos a las 24 horas donde las disoluciones ácidas tienen un aumento, dando valores altos en los pH 7 (11.37) , pH 6.4 (11.33), pH 6.2 (11.25), seguido de los pH 6.6 (10.30) y con un menor valor el pH 6.8 (9.82). Con base en los valores promedio de reacción porcentual, se muestra que los porcentajes mayores se dan en la disolución pH 6.6 (88.33%) y pH 6.8 (77.15%), en pH 7.0 (49.43%) y los valores menores del acumulado en la disolución están en pH 6.2 (28.32%) y pH 6.4 (14.40%).

Valores de pH y porcentaje de reacción en C. Blanco con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:2.0					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	7.57 (28.32%)	7.11 (14.40%)	8.89 (88.33%)	9.1 (77.15%)	9.17 (49.43%)
9 h	8.02 (36.04%)	7.39 (20.08%)	10.20 (97.30%)	9.62 (93.38%)	9.83 (64.76%)
24 h	11.25 (100%)	11.33 (100%)	10.30 (100%)	9.82 (100%)	11.37 (100%)

Tabla 13.- Valores de pH y porcentajes promedio en C. Blanco a una viscosidad de 1:2.0

Los valores de las disoluciones ácidas con pH de 6.2 hasta 7 en el Cemento Portland Gris a una viscosidad de 1:1.0 se muestran en la tabla 14. En los valores de las diferentes disoluciones en un tiempo de 9 horas, el mayor valor correspondió al pH 7.0 (9.63), seguido de la disoluciones con pH 6.4 (9.39), pH 6.2 (9.24), y el pH 6.8 (9.22), mientras que el de menor valor fue la disolución de pH 6.6 (9.13). El corte de tiempo de las 24, permite apreciar que hubo un aumento en todas las disoluciones ácidas alcanzando valores de pH 6.8 (10.90), seguidos de los pH 6.6 (10.87), pH 6.4 (10.66) y el pH 7.0 (10.74) y el menor de pH 6.2 (10.59). En el análisis de los resultados porcentuales promedio, las disoluciones ácidas con pH 6.2 (59.23), pH

6.4 (58.92), pH 6.8 (55.61), y pH 7 (59.15) se mantienen en un promedio superior al 50 %, mientras que en la solución pH 6.6 tiene un valor menor acumulado del 48.01%.

Valores de pH y porcentaje de reacción en C. Portland Gris con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:1.0					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	8.78 (59.23%)	8.97 (58.92%)	8.67 (48.01%)	9.09 (55.61%)	9.05 (59.15%)
9 h	9.24 (69.25%)	9.39 (70.19%)	9.13 (59.25%)	9.22 (59.02%)	9.63 (70.32%)
24 h	10.59 (100%)	10.66 (100%)	10.87 (100%)	10.90 (100%)	10.74 (100%)

Tabla 14. Valores de pH y porcentajes promedio en C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.0

En la cinética de la reacción del Cemento Portland Gris a una viscosidad de 1:1.5 a diferentes disoluciones ácidas con pH de 6.2 hasta 7.0 (Tabla 15), los valores analizados muestran que las disoluciones a 9 horas, dan un pH 6.6 (10.46) siendo éste el de mayor valor, seguidos de las disoluciones ácidas con pH 6.8 (10.23), pH 7(10.25) y los de valores menores están en los pH 6.2 (9.51) y pH 6.4 (9.89). En el promedio de la reacción se muestra que el mayor valor acumulado se da en pH 6.6 (77.06%), pH 6.4 (75.75%), pH 7 (70.83%) y el menor acumulado de la reacción en las disoluciones de pH 6.8 (65.45%) y pH 6.2 (64.20%).

Valores de pH y porcentaje de reacción en C. Portland Gris con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:1.5					
Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	8.93 (64.20%)	9.56 (75.75%)	9.96 (77.06%)	9.58 (65.49%)	9.89 (70.83%)
9 h	9.51 (76.44%)	9.89 (87.25%)	10.46 (88.53%)	10.23 (80.52%)	10.25 (79.66%)
24 h	10.53 (100%)	10.40 (100%)	10.96 (100%)	11.06 (100%)	11.08 (100%)

Tabla 15.-Valores de pH y porcentajes promedio en C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.5

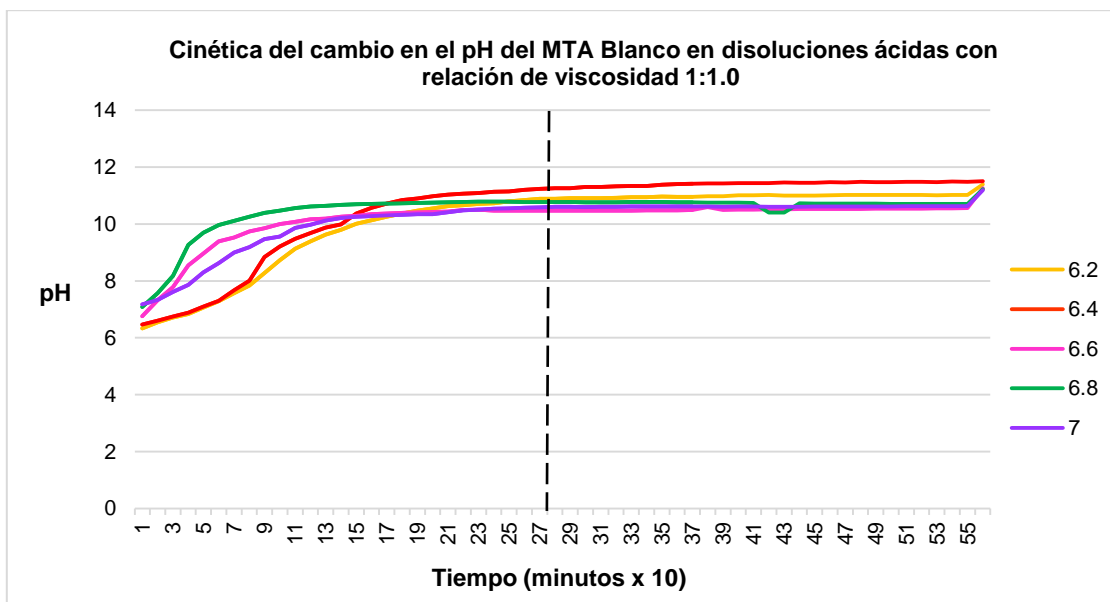
En los pH del Cemento Portland Gris a una viscosidad de 1:2.0 y disoluciones ácidas a diferentes pH que van desde 6.2 hasta el pH 7, en la tabla 16 se analizan los valores de las diferentes disoluciones ácidas en tiempo de 9 h, en las cuales se observa que la disolución con mayor reacción está el pH 6.6 (10.05) y pH 6.8 (10.06), seguidos por la disolución pH 7.0 (9.72), las de menor valor fueron pH 6.2 (9.91) y pH 6.4 (9.90). En el promedio de los valores de reacción se encontró que la disolución ácida pH 6.6 tiene un porcentaje mayor acumulado de 83.53% seguida de la disoluciones pH 6.2 (70.89%) y pH 6.8 (69.25%), mientras que las disoluciones ácidas como menor acumulado son pH 7.0 (59.61) y pH 6.4 (55.97).

Valores de pH y porcentaje de reacción en C. Portland Gris con respecto al tiempo en disolución ácida y viscosidad 1:2.0

Inicial	6.2	6.4	6.6	6.8	7
Media	9.49 (70.89%)	8.94 (55.97%)	9.50 (83.53%)	9.73 (69.25%)	9.44 (59.61%)
9 h	9.91 (78.27%)	9.90 (75.92%)	10.05 (99.71%)	10.06 (76.53%)	9.72 (66.18%)
24 h	10.94 (100%)	11.01 (100%)	10.06 (100%)	11.06 (100%)	11.11 (100%)

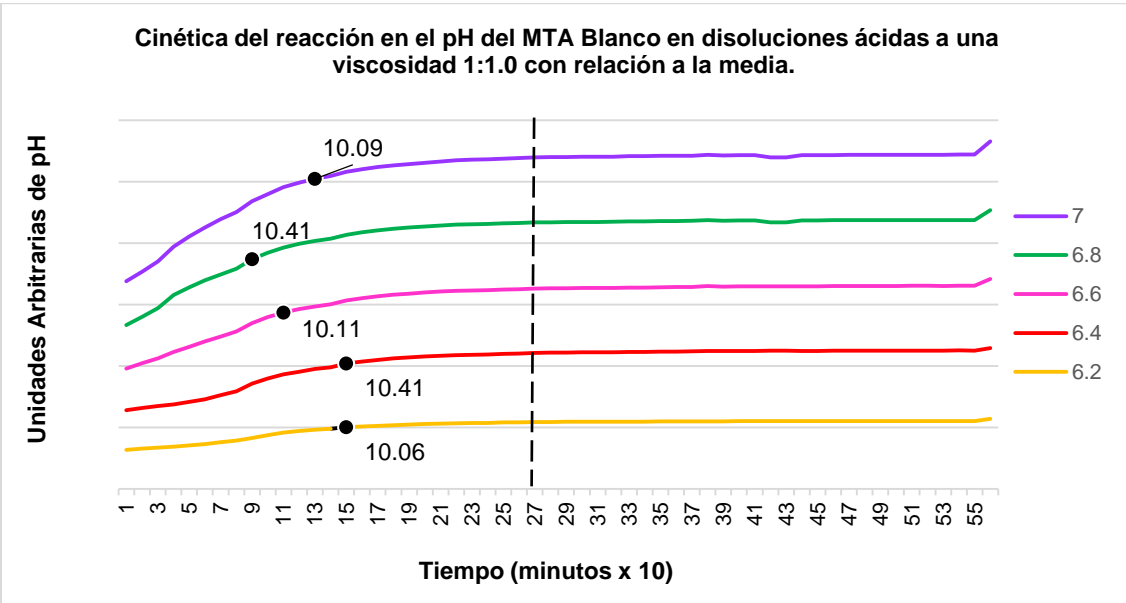
Tabla 16.-Valores de pH y porcentajes promedio en C. Portland Gris a una viscosidad de 1:2.0

La gráfica 1 representa la reacción que ocurre en las disoluciones ácidas con pH del 6.2 hasta 7.0 al adicionar MTA Blanco en una viscosidad 1:1.0 en un tiempo de 24 horas, la línea ubicada en la observación de los 280 minutos corresponde a la localización del valor de la mediana (:). Al inicio de la reacción se observa un cambio intenso en el pH en las disoluciones con pH 6.6, 6.8 y 7.0, siendo las de 6.2 y 6.4 (línea roja y amarilla) donde la reacción fue más lenta, sin embargo cerca del minuto 130 a 150, se cruzaron las curvas y continuó la reacción hasta alcanzar los valores más altos en esta viscosidad. En el análisis de la curva hasta las 9 horas se puede observar que la disoluciones ácidas 6.6, 6.8 y 7 fueron las que tuvieron mayor velocidad de reacción en las primeras horas, alcanzando una estabilidad aproximadamente a los 120 minutos, mientras que las disoluciones con un pH 6.2 y 6.4 tienen una menor reacción en las primeras horas alcanzando una estabilidad en el minuto 200 y en un tiempo de 24 horas marca un aumento en todas las disoluciones ácidas.



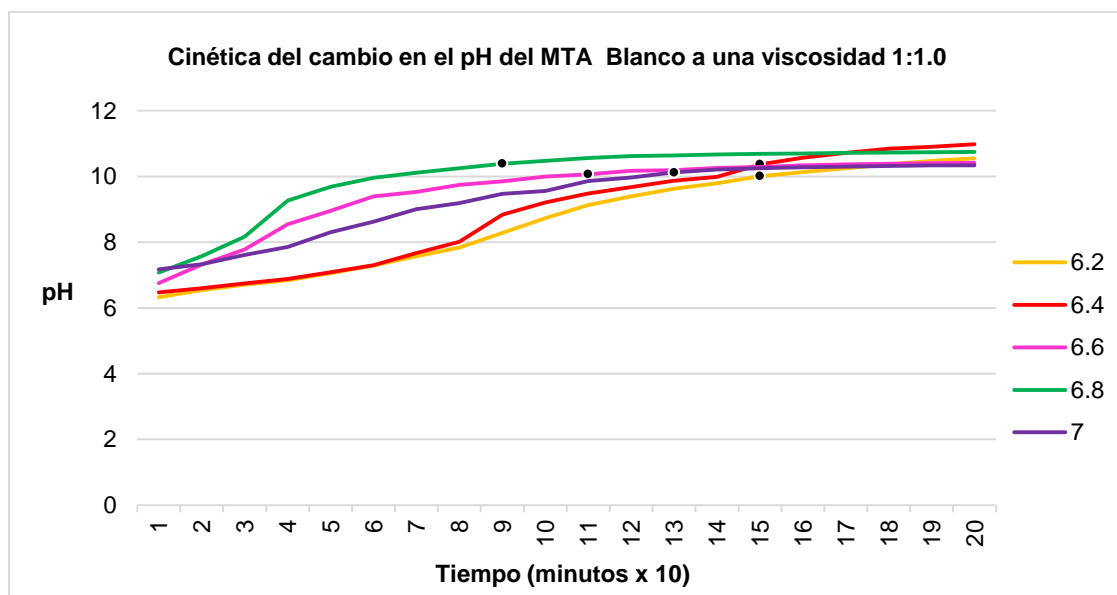
Gráfica 1.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

Con la finalidad de analizar la cinética de reacción del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0, se identificaron los valores de la media (marcador circular) y su relación con la mediana (gráfica 2), la cual se representa como línea punteada. En todos los casos se observa que los mayores cambios en el pH se encuentran a la izquierda o anterior a la ubicación de la mediana (:), después de la ubicación de la mediana los valores de pH no mostraron cambios importantes, ya que si bien representaban el 50% de los valores no hubo cambio en el pH. Los valores a la izquierda de la mediana, representan la mayor cantidad de reacción, ya que los valores de la media en cada solución se ubican anterior a la observación del minuto 150.



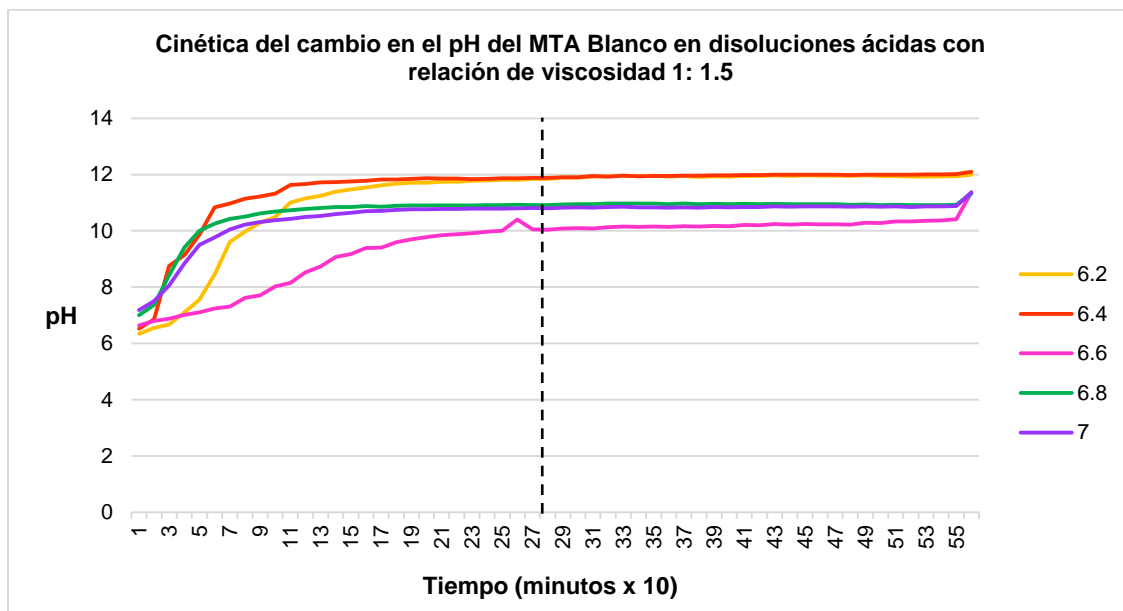
Gráfica 2.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●).

El análisis de la reacción que ocurre antes del valor de la mediana puede observarse en la gráfica 3. Se analiza la reacción de cada una de las disoluciones ácidas del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0. Conforme a los valores de la media, se observa la velocidad de reacción en las diferentes disoluciones ácidas en un tiempo de 200 minutos. El valor mayor de la media correspondió al pH 6.8 que tuvo una reacción acelerada desde el inicio hasta el minuto 60, ya para el 70 en adelante disminuyó, pasando por la media (10.39), de manera que los cambios posteriores variaron muy poco. El pH 6.6 que tuvo una reacción acelerada desde su inicio y hasta el minuto 70, desde este punto los cambios fueron menos intensos y se mantuvieron así hasta llegar al valor de la media (10.07) en el minuto 110. En el pH 7 la pendiente que traza la reacción es menor que las anteriores, en esta la tendencia de los cambios en el pH son pequeños pero sostenidos, de manera que los mayores cambios se dieron a partir del minuto 40 y hasta el minuto 110 donde se mantiene hasta el valor de la media (10.09) y después la reacción sigue pero con cambios más lentos hasta alcanzar su máximo de pH (11.19). En los pH 6.4 y 6.2 tienen una reacción más lenta, en la reacción mostraron mayores cambios entre el minuto 80 hasta el minuto 140, en ambos casos los valores de la media se alcanzaron en el minuto 150, siendo 10.06 y 10.41, para los pH 6.4 y pH 6.2.



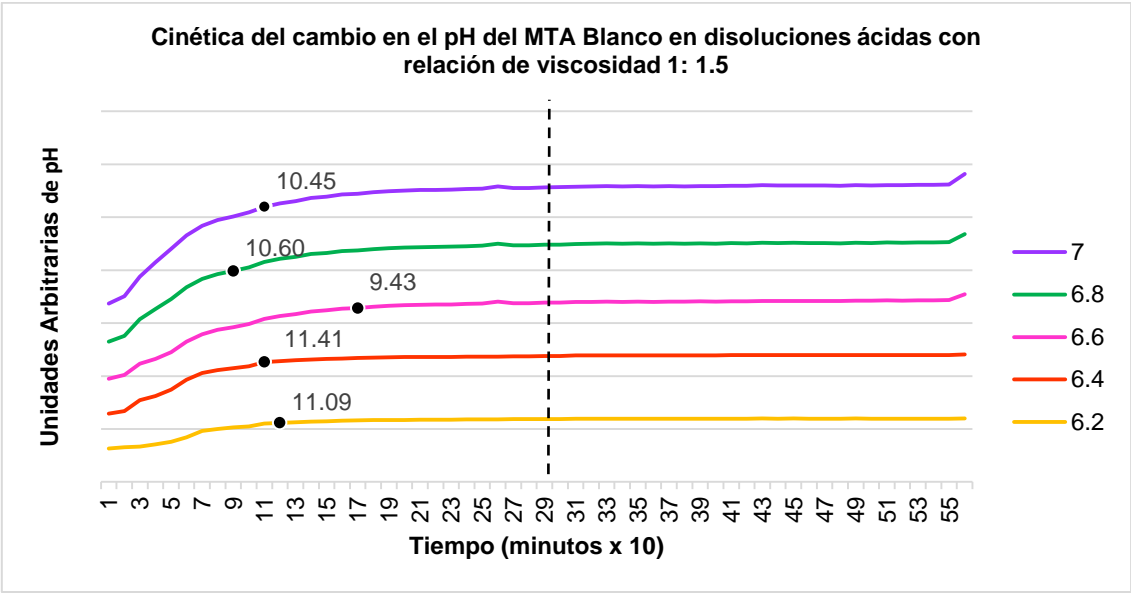
Gráfica 3.- Reacción del pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la gráfica 4 se analiza la velocidad de reacción de las disoluciones ácidas a diferentes pH de 6.2 hasta 7.0 al agregar MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5 en un tiempo de 9 horas y un último valor de 24 horas, la línea ubicada en la mitad de la gráfica es la mediana (:), que es el 50 % de los valores obtenidos, y está representada por una línea punteada en la cual se observa del lado izquierdo el inicio de las reacciones de las disoluciones ácidas. En el análisis a las 9 horas se observa que en el pH 6.6 tiene una mayor velocidad de reacción, seguidos de los valores pH 6.2, pH 6.4 y pH 7.0 en los cuales en el minuto 170 aproximadamente se unen manteniendo una estabilidad en su pH, mientras que el pH 6.6 tiene una cinética de reacción diferente por lo cual es más lento ya que se estabiliza en el minuto 210 y en el punto 56 de 24 horas marca que en las disoluciones ácidas hubo un aumento.



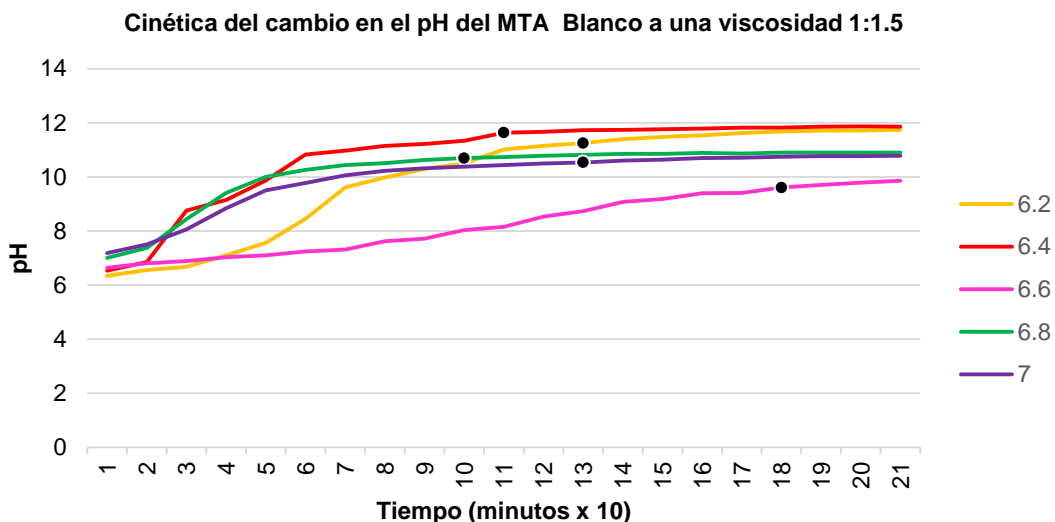
Gráfica 4.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En la gráfica 5 se analiza la cinética de las reacciones del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5, se identificaron los valores de la media y conforme a la distribución de la mediana. En la gráfica se observa que los valores de los pH después de la mediana no tienen cambios significativos; La mayor reacción de todas las disoluciones se da del lado izquierdo, ya que existen más cambios en el pH, de manera que los valores de la media en cada solución se ubican anterior a la observación del minuto 170.



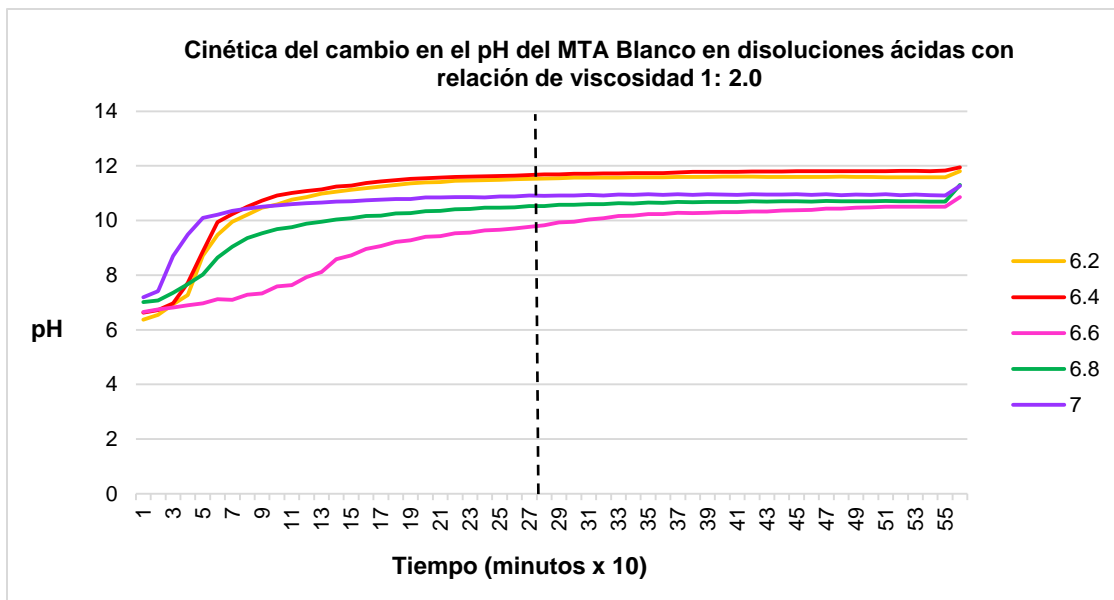
Gráfica 5.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●)

El análisis de la reacción conforme a la media está representada en la gráfica 6. Se observan las diferentes reacciones de cada una de las disoluciones del MTA Blanco 1:1.5, en un tiempo de 200 minutos. El valor mayor de la media correspondió al pH 6.8 desde el inicio tuvo cambio en el pH, aunque en el minuto 20 se observa una reacción acelerada hasta el minuto 50, pasando por la media (10.60) ubicada en el minuto 90, de manera que los cambios siguientes variaron muy poco. En el pH 6.4 se observan cambios en la reacción en el minuto 20 hasta el minuto 50, de este minuto en adelante se encuentra el valor de la media en el minuto 100, donde se mantiene con pocos cambios. En el pH 7.0 la reacción acelerada es del minuto 20 hasta el minuto 60, donde los valores se mantienen hasta la media (10.45), ubicada en el minuto 120, donde la reacción sigue con pocos cambios. En el pH 6.2 la solución ácida presenta cambios desde el inicio, sin embargo los mayores cambios se dan en el minuto 20 hasta el 60, la reacción se mantuvo con pocos cambios hasta llegar a su valor de la media (11.09) ubicada en el minuto 120. En el pH 6.6 fue la solución ácida con menor reacción mostrando cambios en el minuto 60 hasta el minuto 150 hasta los valores de la media (9.43) que se alcanzó hasta el minuto 170, a partir de este minuto los cambios fueron menos intensos.



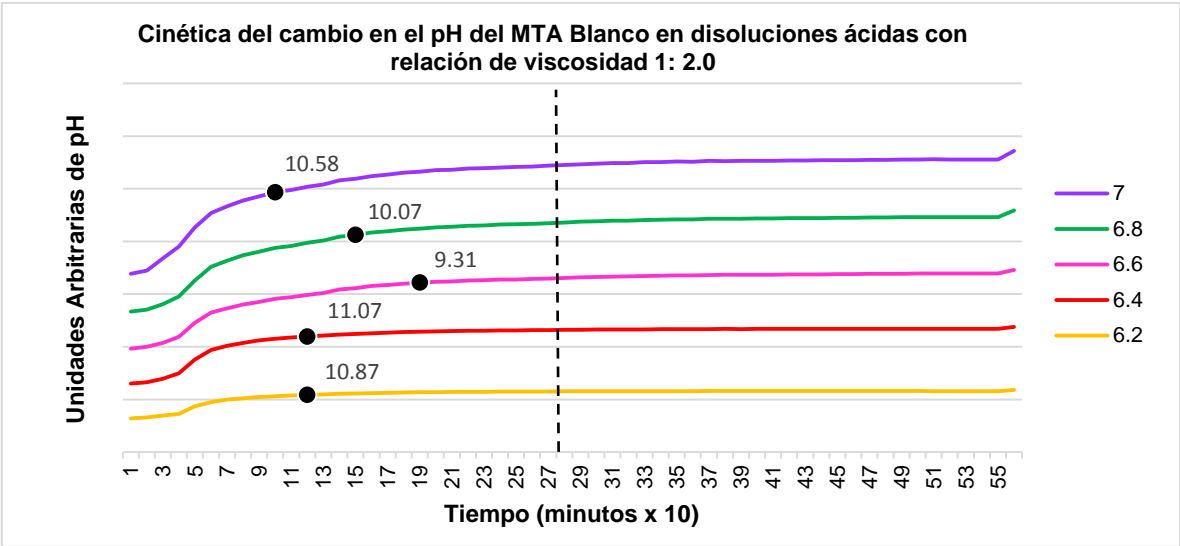
Gráfica 6.- Reacción del pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la gráfica 7 se observa la cinética de reacción en el MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0 en diferentes disoluciones ácidas de 6.2 hasta 7.0 en un tiempo de 9 y un último valor a las 24 horas. En el análisis de la cinética de la reacción se graficaron los valores de la mediana (:), que está representada en la observación de los 280 minutos. En la reacción del pH de 7.0 con un cambio intenso, seguida de los pH 6.4 y pH 6.2, sin embargo estos pH sus curvas se entre cruzan en el minuto 80 aproximadamente, mientras que los pH 6.6 y 6.8 tienen una reacción más lenta. En la observación a las 9 horas las disoluciones ácidas con pH 7.0 tienen mayor velocidad de reacción y una estabilidad a los 100 minutos, seguidos de los pH 6.4 y 6.2, estos tienen una estabilidad aproximadamente a los 120 minutos, mientras que el pH 6.8 se estabiliza en el minuto 150 y el pH 6.6 en el minuto 190 por lo cual en estas disoluciones ácidas tienen una menor velocidad de reacción y en punto 56 tiempo de 24 horas se observa un aumento en todas las disoluciones ácidas.



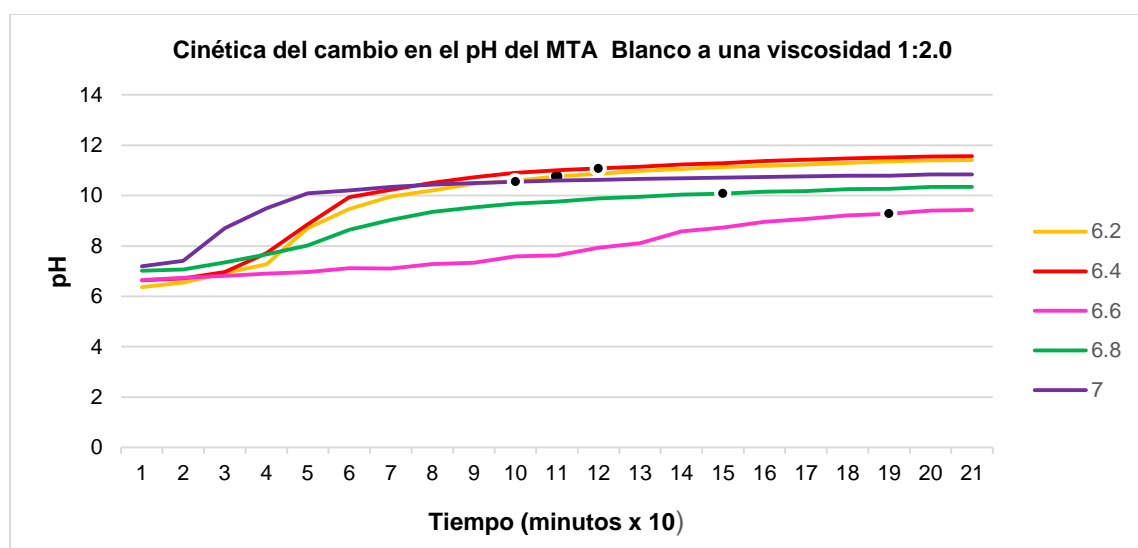
Gráfica 7.- Cinética de reacción en el MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En el análisis de la cinética de la reacción de las disoluciones ácidas al agregar MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0, se graficaron los valores de la media con la mediana (gráfica 8), en esta se observa la mediana que representa el 50 % de los valores, en lo cual del lado izquierdo existe una mayor reacción, de manera que la media en cada una de las disoluciones se encuentra anterior al minuto 190, por el contrario del lado derecho las disoluciones ácidas no tuvieron cambios, por lo cual se mantuvieron estables.



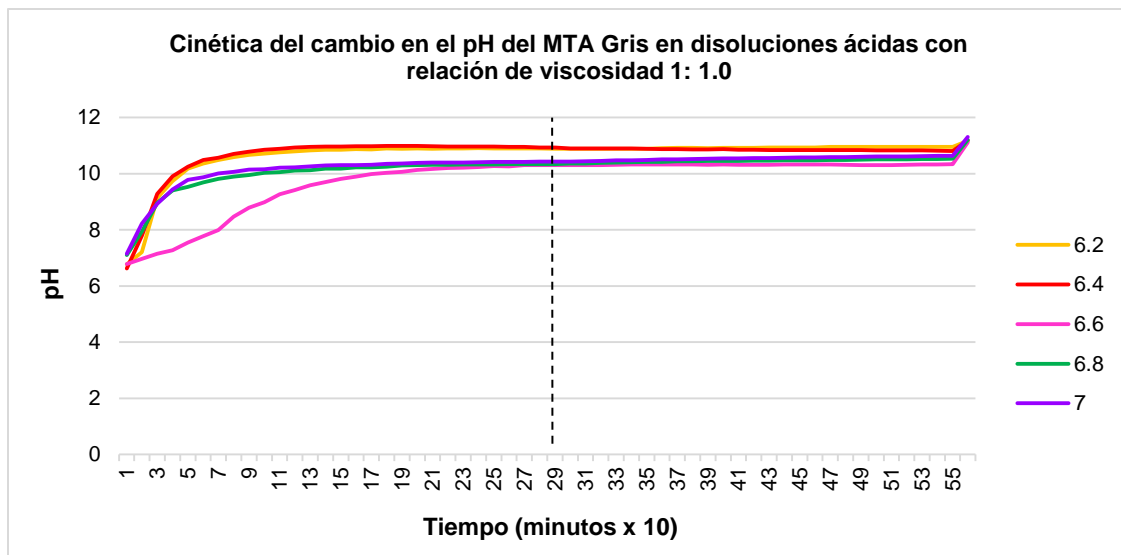
Gráfica 8.- Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (•)

Conforme al análisis de la reacción con respecto a la mediana y la media en el MTA Blanco en una viscosidad 1:2.0; (gráfica 9). Se analizan las diferentes disoluciones en un tiempo aproximado de 210 minutos. El valor mayor de la media se ubica en el pH 7.0 que desde su inicio tuvo una buena reacción, sin embargo los mayores cambios se observan del minuto 20 hasta el 50, más adelante se encuentra el valor de la media (10.58) en el minuto 100, pasando este minuto la reacción se mantiene con pocos cambios. En el pH 6.2 se observa una reacción acelerada a partir del minuto 40 hasta el minuto 70, alcanzando un valor de la media de (10.87) en el minuto 110, pasando la media los valores presentan pocos cambios; con una reacción similar se encuentra el pH 6.4 con cambios desde su inicio en la reacción, pero a partir del minuto 20 hasta el minuto 60 se observa una mayor cambio, esta reacción sigue hasta el valor de la media (11.07) en el minuto 120, esta reacción sigue sin grandes cambios. El pH 6.8 inicia su reacción con pocos cambios, en el minuto 50 hasta el 80 donde se presenta una mayor reacción, el valor de la media (10.07) ubicada en el minuto 150, la reacción sigue aunque presenta cambios menos intensos. La reacción del pH 6.6 desde el inicio se observan pocos cambios, sin embargo en el minuto 100 se comienzan a ver cambios significativos hasta el minuto 160, teniendo una media (9.31) en el minuto 190, a partir de este minuto en adelante la reacción sigue con pocos cambios.



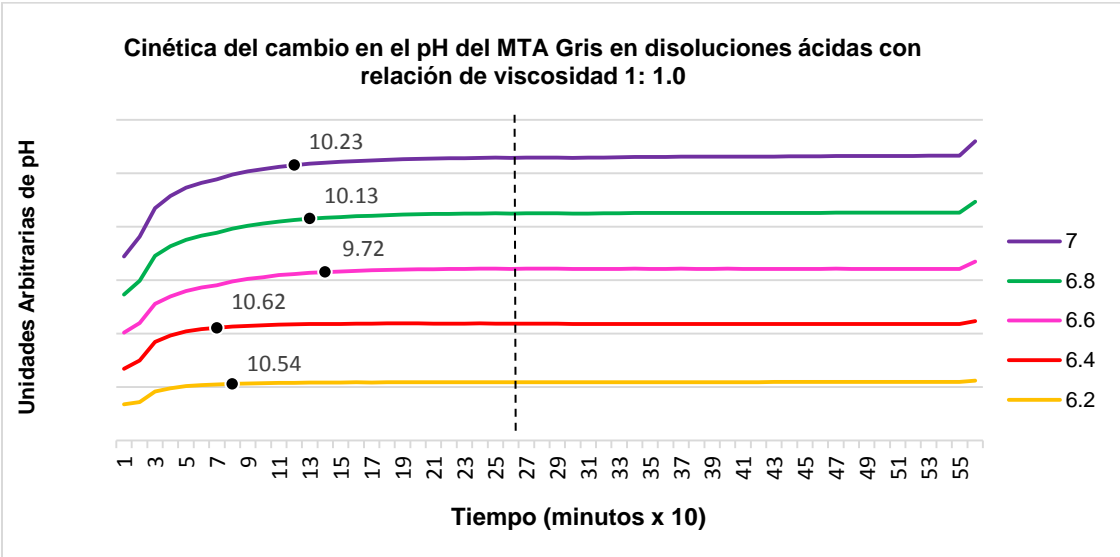
Gráfica 9.- Reacción del pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 210 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la gráfica 10 se representa la reacción que ocurre en las disoluciones ácidas con pH del 6.2 hasta el 7.0, al agregar MTA Gris a una viscosidad 1:1.0 en un lapso de 9 horas y un último valor a las 24 horas. En el análisis de la cinética de reacción se identifica la mediana (:) que representa el 50 % de los valores. Conforme a la mediana muestra que la mayor reacción se encuentra del lado izquierdo donde las disoluciones ácidas con pH 6.2 y pH 6.4 alcanzan a estabilizarse en el minuto 70, mientras las disoluciones ácidas con pH 6.6, pH 6.8 y pH 7 son donde la reacción es más lenta, sin embargo se entre cruzan en el minuto 30 a excepción del pH 6.6. En el análisis de las 9 horas muestra que el pH 6.4 se encuentra estabilizado en el minuto 70 y el pH 6.2 se encuentra en el minuto 80, mientras los pH con menor reacción el pH 7.0 se estabiliza en el minuto 120, seguido del pH 6.6 llegando al minuto 130 y el pH 6.6 fue el más lento en estabilizarse llegando al minuto 140 y en la observación de las 24 horas da como resultado un aumento de la reacción.



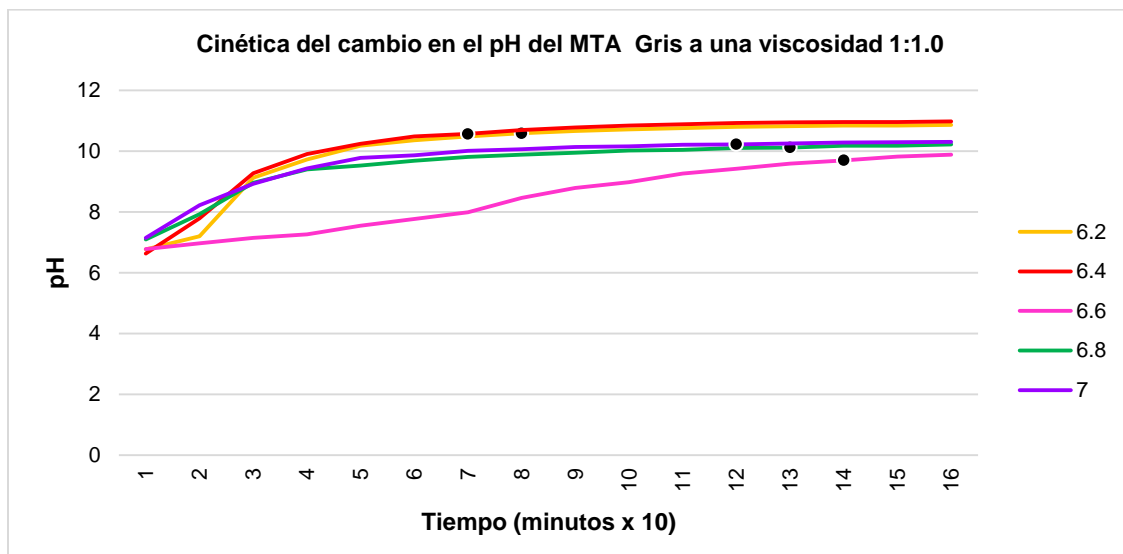
Gráfica 10.- Cinética de reacción en el MTA Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En la cinética de reacción de las diferentes disoluciones ácidas, en la cual se grafican los valores de la media y la mediana en el MTA Gris a una viscosidad 1:1.0; (gráfica11). Los valores de la mediana nos arrojan que la velocidad de la reacción se encuentra del lado izquierdo de la mediana, de manera que los valores de la media en cada solución se ubican anterior al minuto 140 y del lado derecho se mantiene una estabilidad de dichas reacciones; pasando la mediana, hasta la observación de las 24 horas se observa un aumento en la reacción.



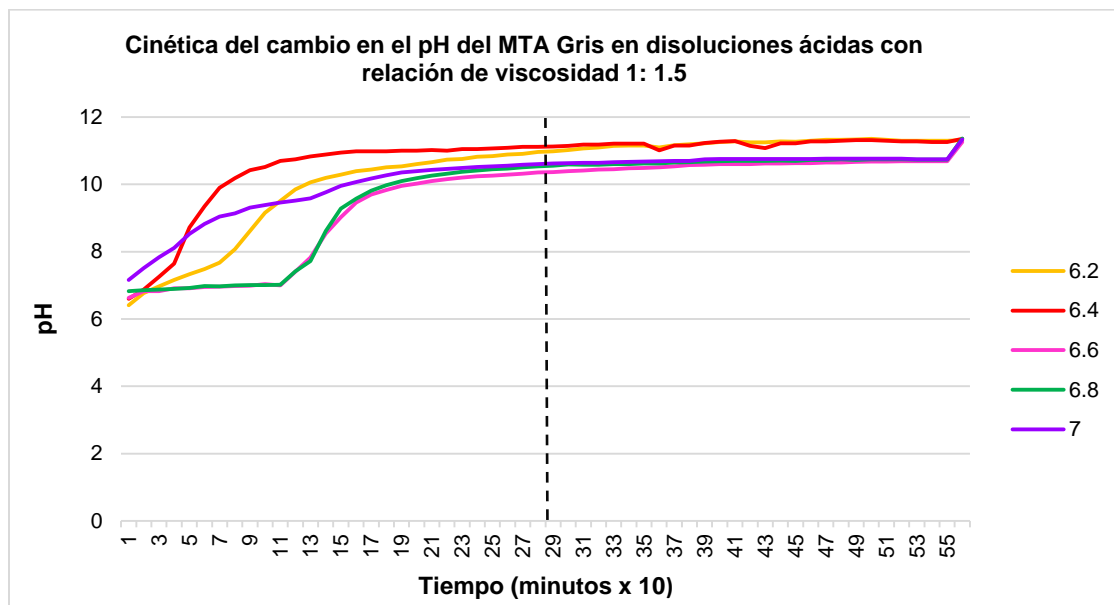
Gráfica 11.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (•)

Conforme al análisis de la reacción anterior a la media en el MTA Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica 12, se observa la reacción de cada una de las disoluciones conforme a la media, en un tiempo aproximado de 160 minutos. El valor mayor de la media se el pH 6.4 presentando una reacción acelerada desde su inicio hasta el minuto 50, esta reacción sigue hasta pasar por la media (10.62) en el minuto 70, pasando la media se observan pocos cambios. En el pH 6.2 presenta cambios en la reacción desde su inicio, pero la reacción acelerada se ubica desde el minuto 20 hasta el 40, más adelante esta la media (10.54) en el minuto 80, la reacción sigue con pocos cambios. Los pH 7.0 y 6.8 presentan una reacción similar, teniendo pocos cambios desde sus inicios y una reacción acelerada en el minuto 30 hasta el minuto 50, la ubicación de la media (10.23) en el pH 7.0 se encuentra en el minuto 120 y en el pH 6.8 la media (10.13) se ubica más adelante en el minuto 130, la reacción sigue avanzando con pocos cambios en las reacciones. El pH con menor reacción es el pH 6.6 ya que desde su inicio muestra pocos cambios, en el minuto 70 hasta el 110 se observa una reacción acelerada, esta reacción sigue avanzando hasta la media (9.72) en el minuto 140, pasando estos valores la reacción sigue con pocos cambios.



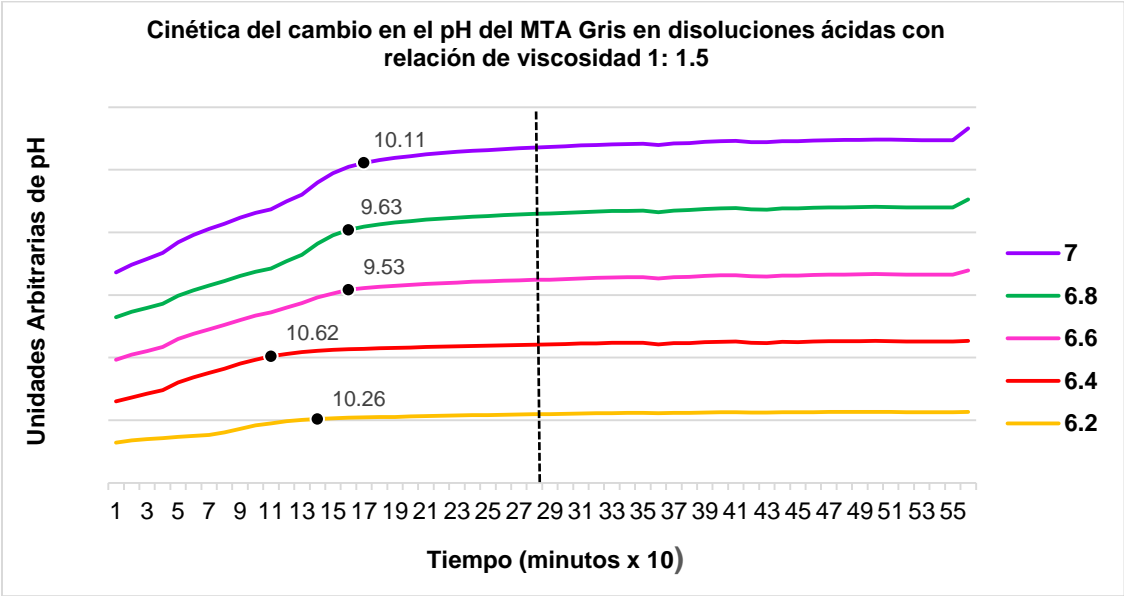
Gráfica 12.- Reacción del pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 160 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la cinética de la velocidad de reacción del MTA Gris en diferentes disoluciones ácidas con pH 6.2 hasta 7.0 en una viscosidad 1:1.5 en un tiempo de 24 horas. En la gráfica 13 se analizaron los valores de la mediana (:) en el minuto 280, muestra que la mayor velocidad de las reacciones se da del lado izquierdo dando como resultado que el pH con mayor velocidad en la reacción es la solución ácida pH 6.4 y 6.2, en la cual se estabilizan aproximadamente en el minuto 140, seguidos de los pH 6.6, pH 6.8 y pH 7.0 teniendo una estabilidad no mayor al minuto 170 por lo cual estos pH son los que tienen menor velocidad de reacción en un tiempo de 9 horas, mientras que en la última observación a las 24 horas se observa que en los pH 6.2 y pH 6.4 se mantienen estables y en los pH 6.6, pH 6.8 y pH 7.0 se observa un aumento en la reacción.



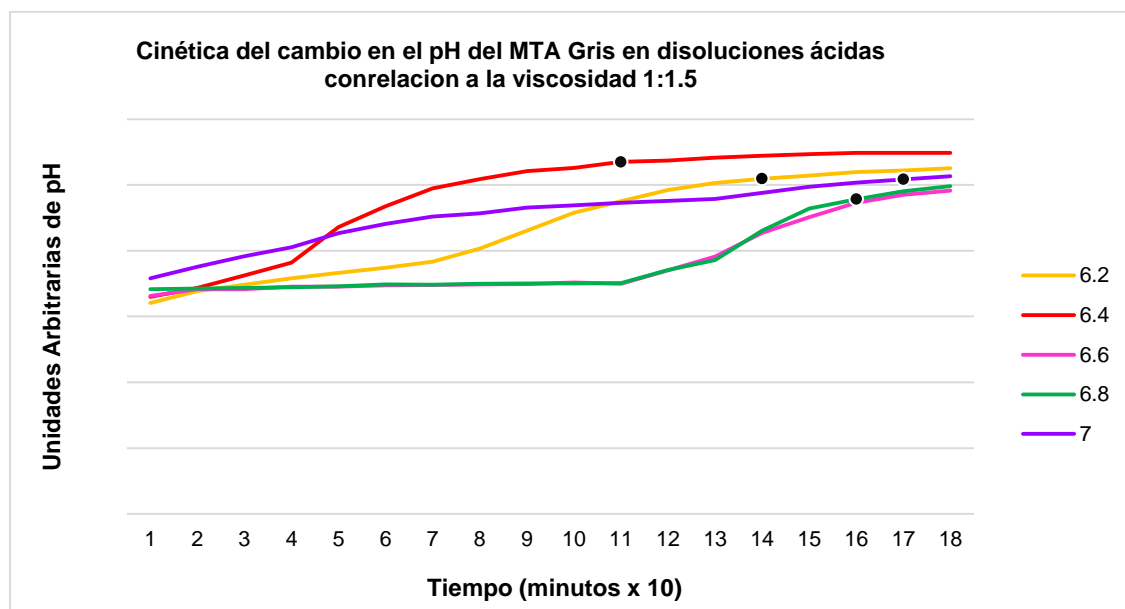
Gráfica 13.- Cinética de reacción en el MTA Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En la gráfica 14 se observa la cinética de la reacción en el MTA Gris a una viscosidad 1:1.5, se analizan los valores de la media y la distribución de la mediana, la mayor reacción de las disoluciones se da del lado izquierdo, ya que del lado derecho no hubo cambios significativos, por lo cual los valores de la media en cada solución se encuentra anterior a la observación del minuto 170.



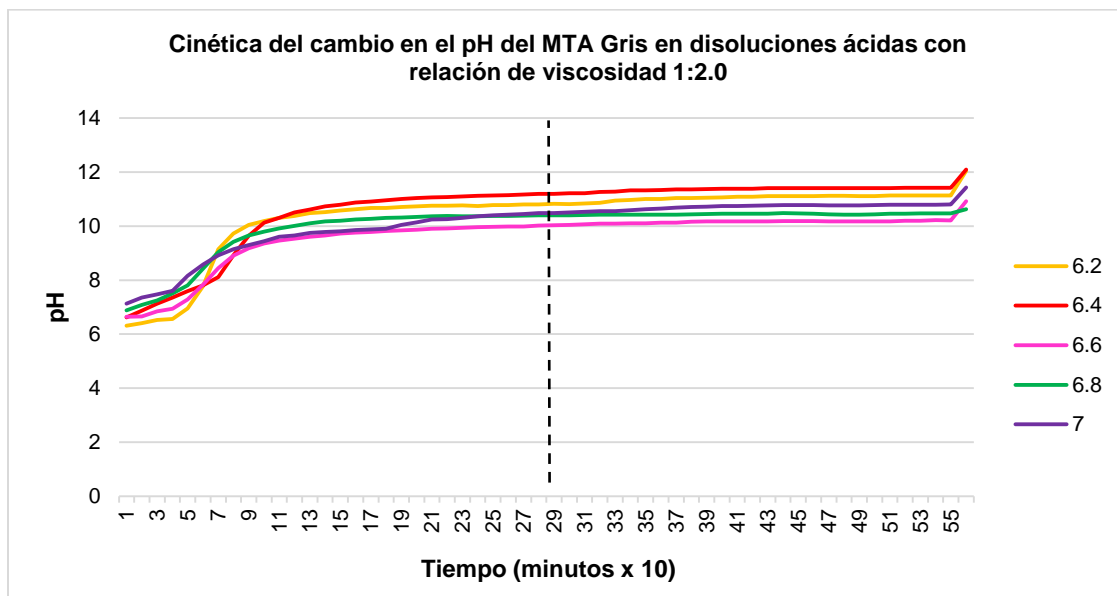
Gráfica 14.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (•).

El análisis de la reacción del segmento anterior a la mediana de las disoluciones ácidas a las que se les agregó MTA Gris a una viscosidad 1:1.5, la cual se observa en la gráfica 15; la velocidad de reacción de las diferentes disoluciones ácidas ocurre en un tiempo menor a los 180 minutos. Conforme al valor mayor de la media, en el pH 6.4 presenta desde su inicio una buena reacción, pero su reacción acelerada ocurrió entre el minuto 30 y 70, esta reacción siguió hasta el valor de la media (10.62) que se ubica en el minuto 110, la reacción sigue teniendo cambios que variaron muy poco. La disolución con pH 6.2 se mantiene con pocos cambios desde su inicio, pero en el minuto 70 hasta el 120 presenta mayores cambios y sigue hasta alcanzar su media (10.26) en el minuto 140, la reacción sigue con pocos cambios en su reacción. Los pH 6.6 y 6.8 presentan pocos cambios desde sus inicios, en el minuto 110 hasta el 150 se comienzan a observar mayores cambios en la reacción, los valores de la media del pH 6.6 (9.53) y del pH 6.8 (9.63), ambas disoluciones ácidas se encuentran en el minuto 160 teniendo una reacción con pocos cambios. En el caso del pH 7.0 tiene una reacción lenta desde el principio ya que presenta pocos cambios, hasta el minuto 130 se observa una mayor reacción, en el progreso de la reacción se encuentra el valor de la media (10.11) en el minuto 170 y la reacción sigue avanzando sin mayores cambios.



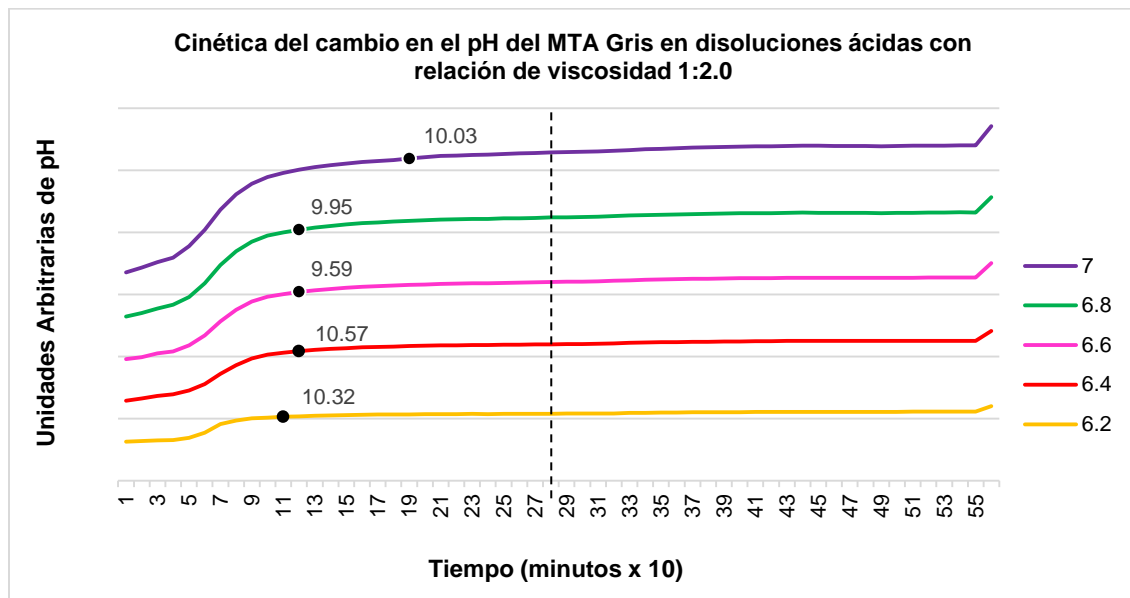
Gráfica 15.- Reacción del pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 180 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

La gráfica 16 se analiza la reacción en las disoluciones ácidas con pH 6.2 al 7.0 del MTA Gris en una viscosidad de 1:2.0 en un tiempo de 9 horas y un último valor de 24 horas. Se observa la mediana (:) la cual representa el 50 % de los valores y la media que se ubica al lado izquierdo de la gráfica mostrando la mayor actividad de la reacción y del lado derecho se mantiene estable la reacción. En el inicio de la reacción, se observa un cambio en el pH 6.2, seguido de los pH 6.4, pH 6.6 y pH 6.8 mientras que el pH 7.0 tuvo una reacción más lenta, sin embargo se entrecruzan las disoluciones ácidas en el minuto 50 al 100 aproximadamente y continuo la reacción hasta llegar a estabilizarse en un tiempo de 9 horas en esta viscosidad y en el valor 56 de las 24 horas se observa un incremento en la reacción de las disoluciones ácidas, sin embargo se observan cambios significativos en los pH 6.2, pH 6.4 y pH 7.0.



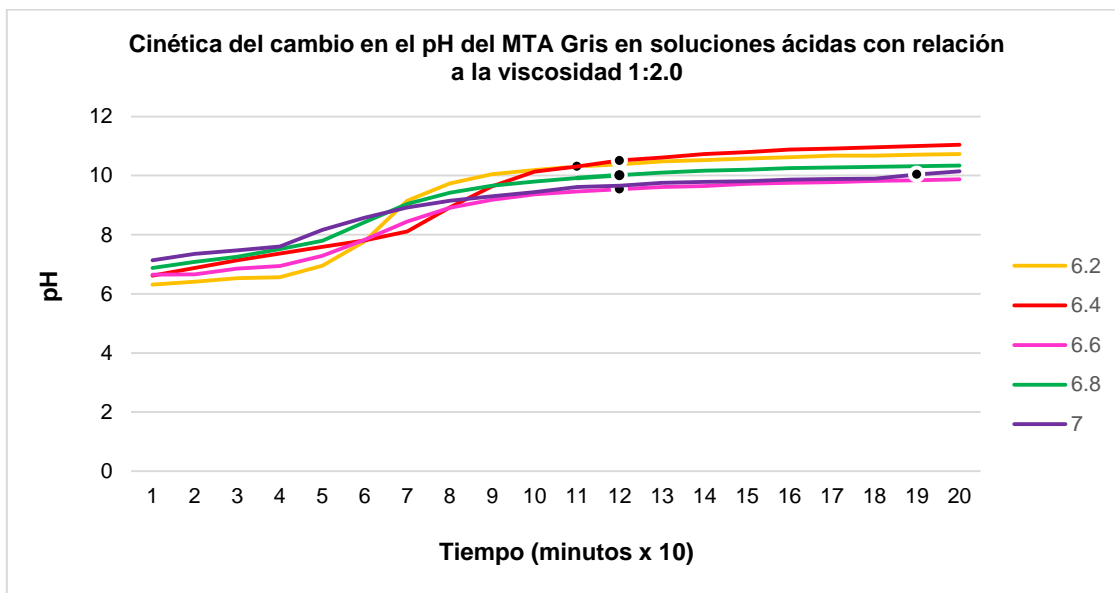
Gráfica 16.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En la gráfica 17 se analiza la cinética de reacción de los valores de la media y la mediana del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0. La media se analiza del lado izquierdo, donde se observa la mayor cantidad de reacción, mostrando que los valores de la media en cada una de las disoluciones se ubican anterior del minuto 190, después de la ubicación de la mediana los valores no mostraron cambios significativos en un lapso de 9 horas, mientras que el último valor de las 24 horas presenta un aumento en su reacción.



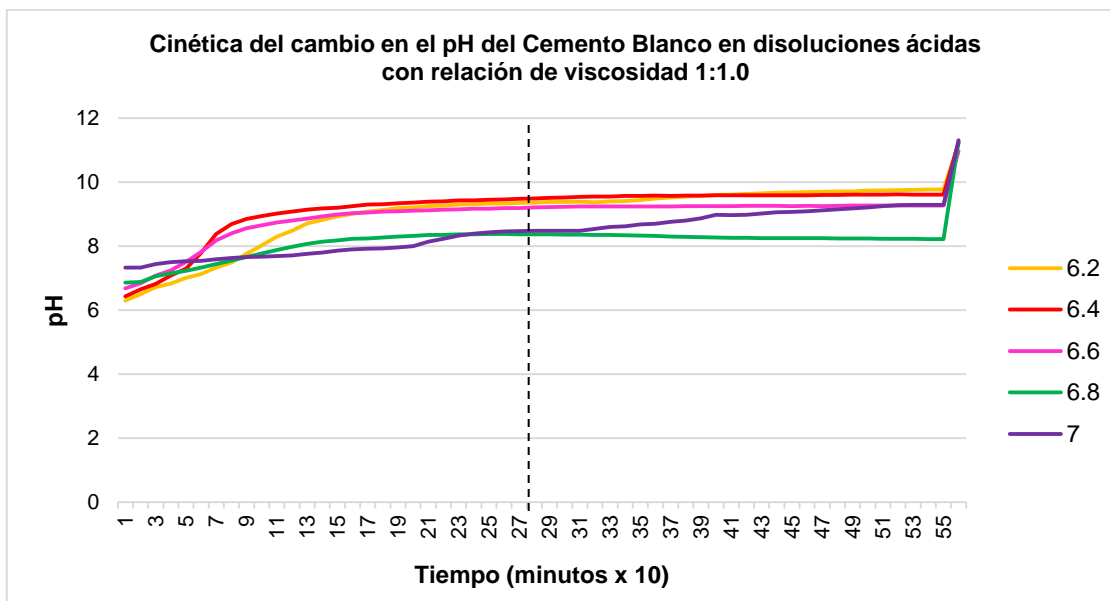
Gráfica 17.- Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●).

En la gráfica 18 se analiza la cinética de reacción de las disoluciones ácidas del MTA Gris a una viscosidad de 1:2.0, en un tiempo aproximado de 200 minutos (anterior a la media). Conforme a los valores de la media, el pH con mayor reacción se encuentre el pH 6.2 teniendo importantes cambios desde el inicio y una reacción intensa entre el minuto 40 hasta el minuto 80, la reacción sigue y pasa por la media (10.32) en el minuto 110, la reacción sigue sin presentar grandes cambios. El pH 6.4 en su inicio presenta pocos cambios, ya que la reacción intensa se da entre el minuto 70 hasta el minuto 100 y sigue hasta pasar por su valor de la media (10.57); la disolución ácida con pH 6.6 tuvo una reacción desde su inicio, pero en el minuto 40 hasta el 80 la reacción tiene cambios intensos, la reacción sigue hasta pasar por el valor de la media (9.59) y el pH 6.8 también presentó cambios desde el inicio, pero los cambios intensos en la reacción se ubican entre el minuto 50 hasta el 70, pasando por el valor de la media (9.95), estos pH alcanzan su valor de la media en el minuto 120; donde se mantienen con pocos cambios; el pH 7.0 tiene una mayor reacción a partir del minuto 40 hasta el 70 ya que presenta cambios intensos, esta reacción sigue hasta pasar el valor de la media (10.03) en el minuto 190, la reacción sigue avanzando con pocos cambios.



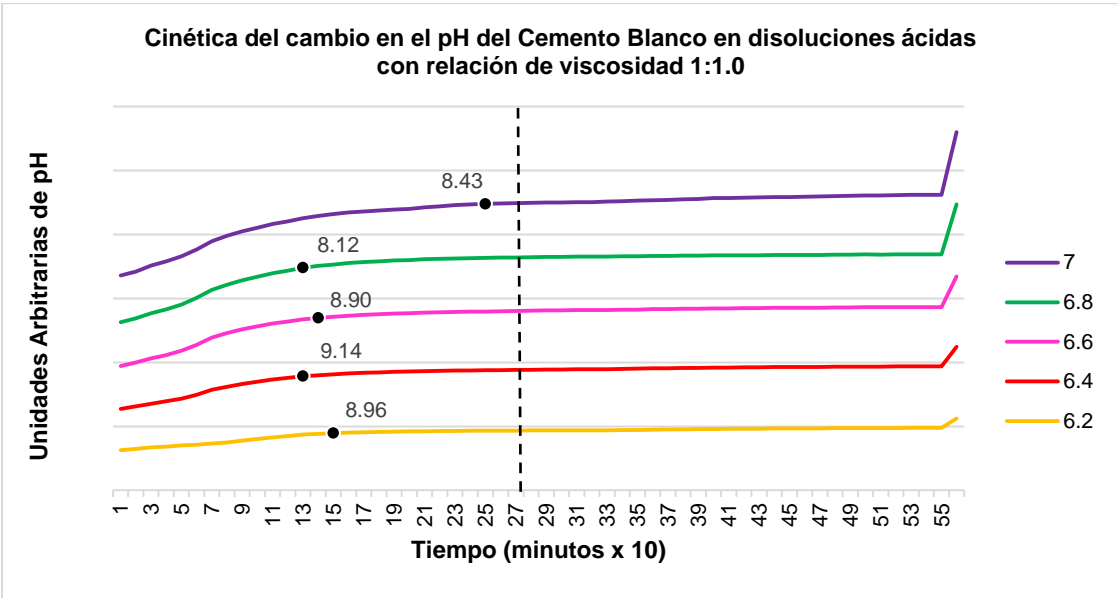
Gráfica 18.- Reacción del pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la gráfica 19 se analiza la reacción de las disoluciones ácidas con los diferentes pH que van desde 6.2 hasta 7.0 al agregar Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9 horas y un valor final de 24 horas, la línea que se encuentra en el minuto 280 es la mediana (:) y esta representa el 50 % de los valores. Las disoluciones con pH 6.2, pH 6.4, pH 6.6 y pH 6.8 son los primero en reaccionar ya que se ven cambios intensos, siendo el pH 7.0 tiene una reacción más lenta, sin embargo en el minuto 50 las curvas de estas disoluciones ácidas se cruzan y continua su reacción. Al observar las curvas en un tiempo de 9 horas las disoluciones ácidas con pH 6.2, pH 6.4, pH 6.6 y pH 6.8 tienen una mayor velocidad de reacción en las primeras horas alcanzando una estabilidad en un tiempo aproximado de 150 minutos, y el pH 7.0 tiene un menor reacción ya que alcanza su estabilidad en el minuto 250, y en un último valor de 24 horas se observa que todas las disoluciones ácidas tuvieron un aumento en su reacción.



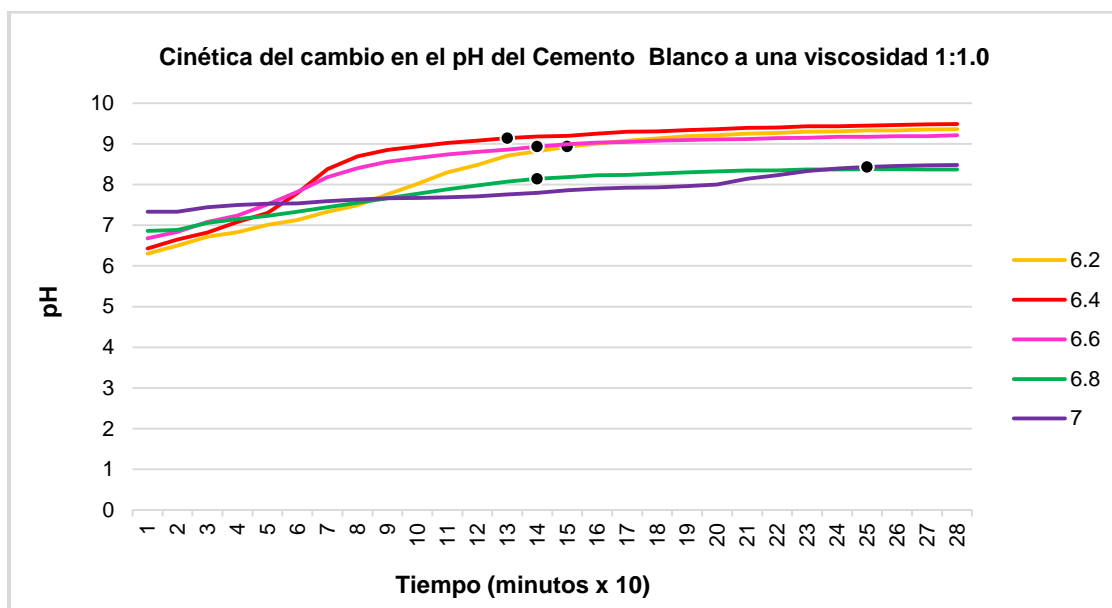
Gráfica 19.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En la grafica 20 se analiza la cinética de la reacción en la cual se señalan los valores de la media y su relación con la mediana en el Cemento Blanco en una viscosidad de 1:1.0. Se analizan los valores de la media que se encuentran a la izquierda, anterior a la línea de la mediana, las disoluciones ácidas muestran cambios en la reacción, estas se observan del lado izquierdo de la gráfica, mientras que pasando la línea de la mediana del lado derecho los valores de las disoluciones ácidas no se observan cambios significativos, por lo cual se mantienen estables, ya que los valores de la media en todas las disoluciones ácidas se encuentran anterior al minuto 250.



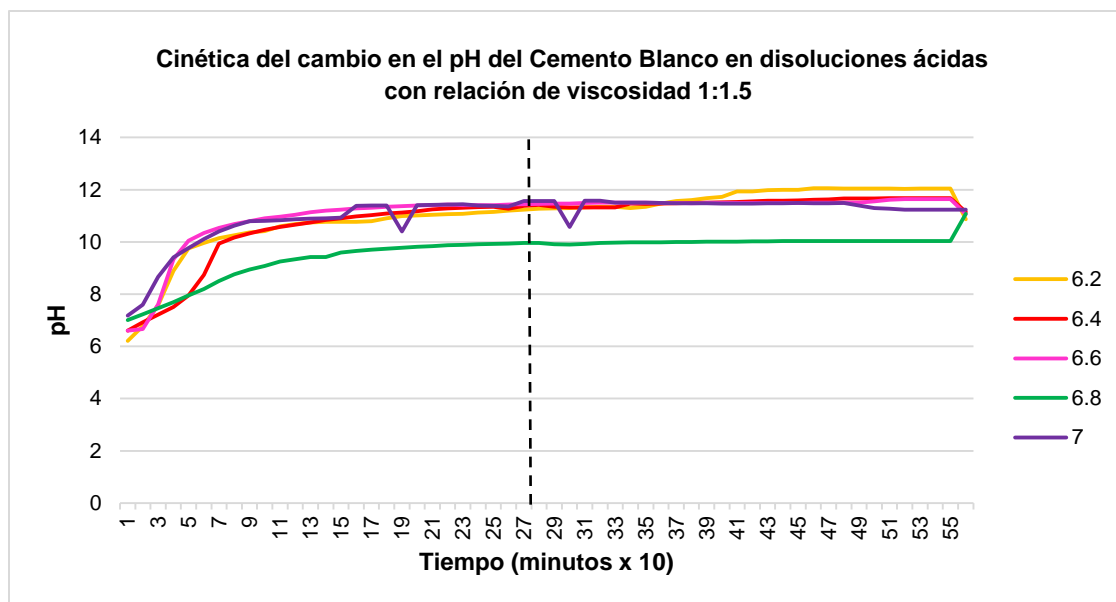
Gráfica 20.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●)

En la gráfica 21 se observan los valores de la media que se ubican anterior a la línea de la mediana. La reacción de las diferentes disoluciones ácidas en el Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo aproximado de 280 minutos valor de la mediana. El valor de la media con mayor reacción se da el pH 6.4 se observan cambios desde su inicio, los mayores cambios se dan a partir del minuto 50 hasta el 80, la reacción sigue hasta pasar el valor de la media (9.14) que esta en el minuto 130; la disolución ácida con pH 6.6 desde el inicio tuvo cambios, aunque la mayor reacción se ubica del minuto 20 al 70 , pasando por el valor de la media (8.90) en el minuto 120; el pH 6.8 tiene cambios desde su inicio, sin embargo la mayor reacción se da en el minuto 20 hasta 80, siguiendo la reacción hasta el valor de la media (8.12) en el minuto 120, la línea de esta reacción se mantiene sin curva ya que no alcanzo cambios importantes; la disolución con menor reacción es el pH 7.0 donde desde su inicio tiene pocos cambios, en el minuto 200 hasta el 230 se observa un cambio intenso, hasta pasar por el valor de la media (8.43) en el minuto 250. En todas las disoluciones ácidas la reacción siguen avanzando aunque con pocos cambios.



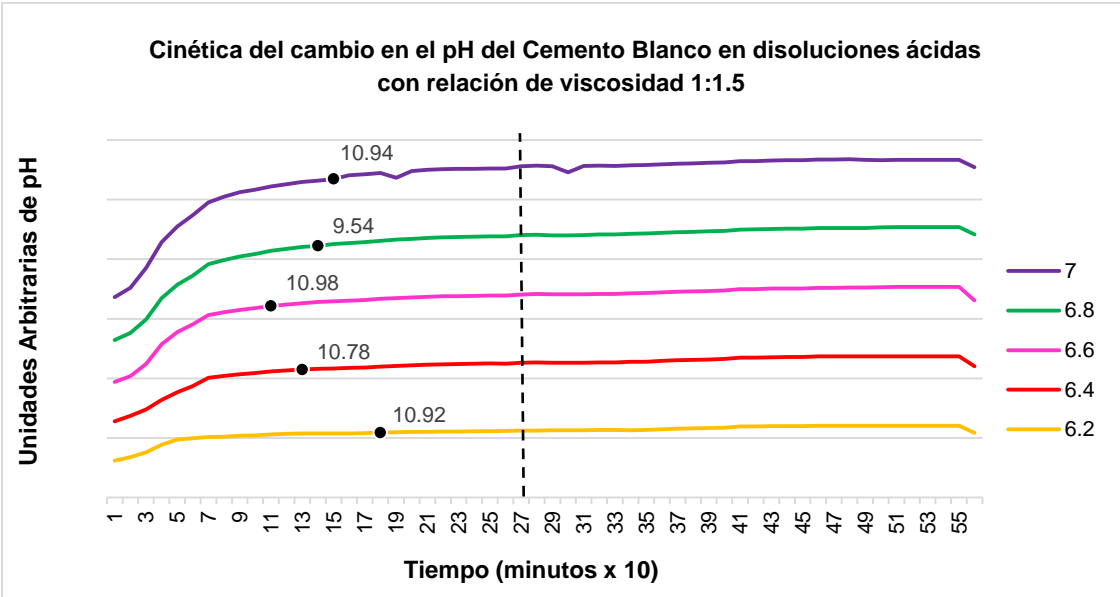
Gráfica 21.- Reacción del pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 280 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la gráfica 22 se analiza la velocidad de reacción de las disoluciones ácidas de los diferentes pH 6.2 hasta 7.0 en el Cemento Blanco a una viscosidad de 1:1.5, en un tiempo de 9 horas y un último valor de 24 horas. Se ubica en el minuto 280 la línea de la mediana (:), que simboliza el 50% de los valores obtenidos, en la cual se observa que la mayor reacción no rebasa esta línea, las disoluciones ácidas con una mayor reacción se encuentra en los pH 6.2, pH 6.6 y pH 7.0, mientras que los pH 6.4 y pH 6.8 se observa una menor reacción sin embargo las curvas se cruzan en los minutos 20 hasta el minuto 50 y continúan su reacción hasta sus valores más altos. Al analizar las curvas a las 9 horas se observa que los pH de las disoluciones ácidas pH 6.4, pH 6.6 y pH 6.8 son las que tienen mayor reacción en las primeras horas alcanzando una estabilidad aproximadamente por el minuto 140, mientras que el pH 7.0 se estabiliza en el minuto 150 y el pH 6.2 tiene una menor reacción ya que se estabiliza en el minuto 180 aproximadamente.



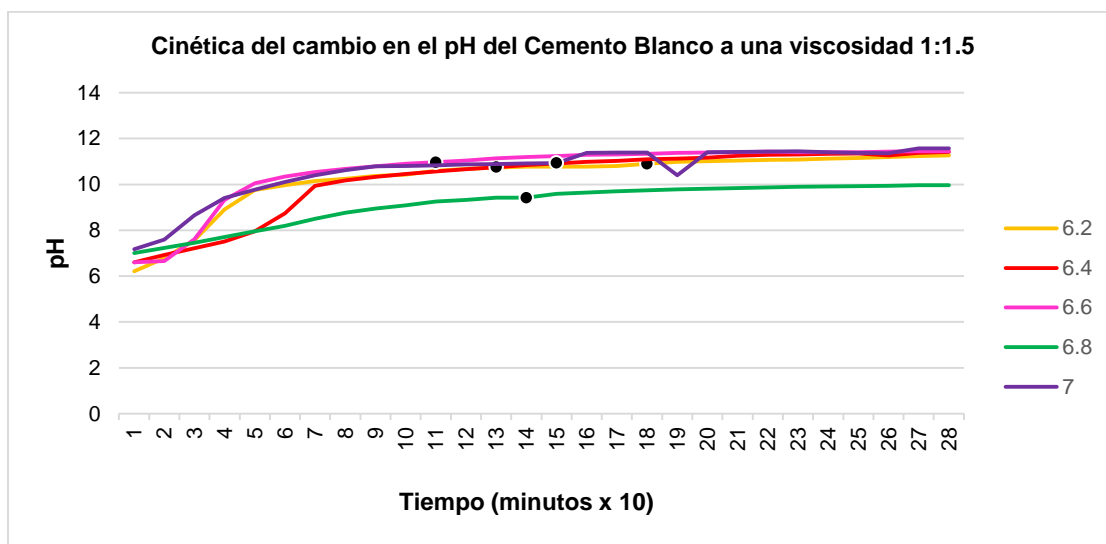
Gráfica 22.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

Al analizar la cinética de reacción los valores de la media y su relación con la mediana en el Cemento Blanco a una viscosidad de 1:1.5. En la gráfica 23 se observa que conforme a la media todas las disoluciones ácidas tienen su mayor reacción anterior a la línea de la mediana del lado izquierdo de la gráfica, después de la mediana no se notan cambios significativos. Los valores de la media se encuentran anteriores a la mediana teniendo una estabilidad aproximadamente en el minuto 180.



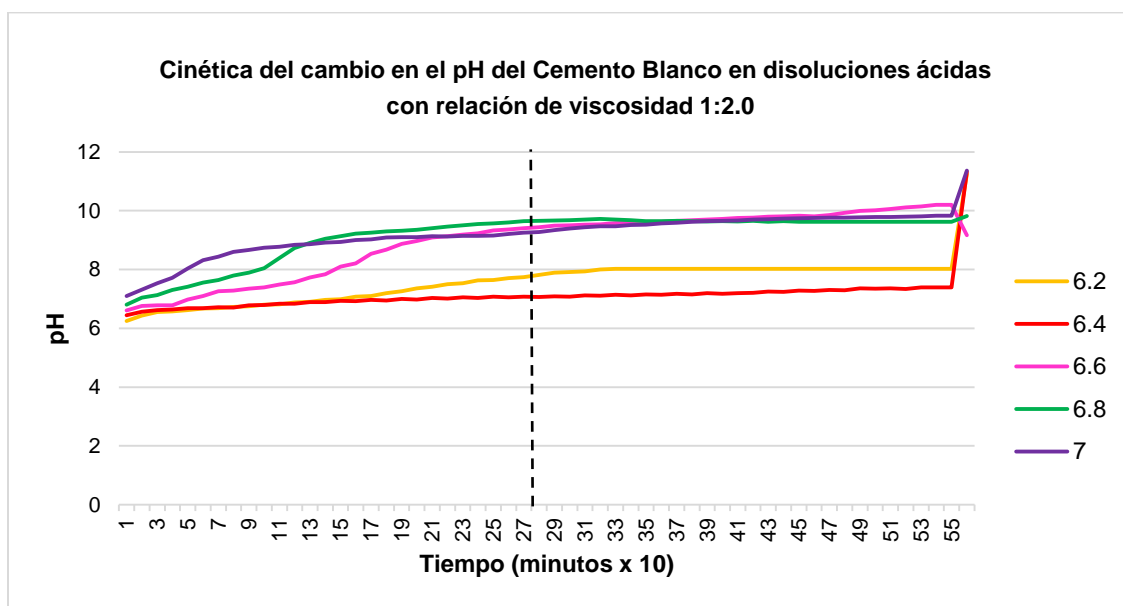
Gráfica 23.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●).

En la gráfica 24 se analiza de la reacción anterior a la mediana de las diferentes disoluciones ácidas que van del pH 6.2 hasta el 7.0, en el Cemento Blanco a una viscosidad de 1:1.5, en un tiempo aproximado de 28 minutos, en la que el mayor valor de la media se da en el pH 6.6, en la reacción se inicia con cambios, pero entre el minuto 20 hasta el minuto 50 presenta cambios intensos, la reacción sigue hasta pasar por el valor de la media (10.98) en el minuto 110; seguido de la disolución de pH 6.4 en el cual su reacción tiene cambios importantes desde su inicio, pero los mayores cambios en la reacción se dan en el minuto 50 hasta el minuto 70, esta reacción sigue y pasa el valor de la media (10.78) la cual se encuentra en el minuto 130; el pH 6.8 se mantiene estable con pocos cambios, sin embargo en el minuto 90 hasta 110 se observan cambios importantes en la reacción y esta avanza hasta pasar el valor de la media (9.54) en el minuto 140; en la disolución con pH 7.0 hay una buena reacción desde el inicio, pero los cambios intensos en la reacción se observan en el minuto 20 hasta el minuto 80, la reacción sigue hasta el valor de la media (10.94) en el minuto 150, la reacción continua de manera constante; la disolución con pH 6.2 en su inicio se observan cambios, pero la reacción más intensa se encuentra en el minuto 30 hasta el minuto 50 donde la reacción sigue con pocos cambios y pasa por la media (10.92) ubicada en el minuto 180.



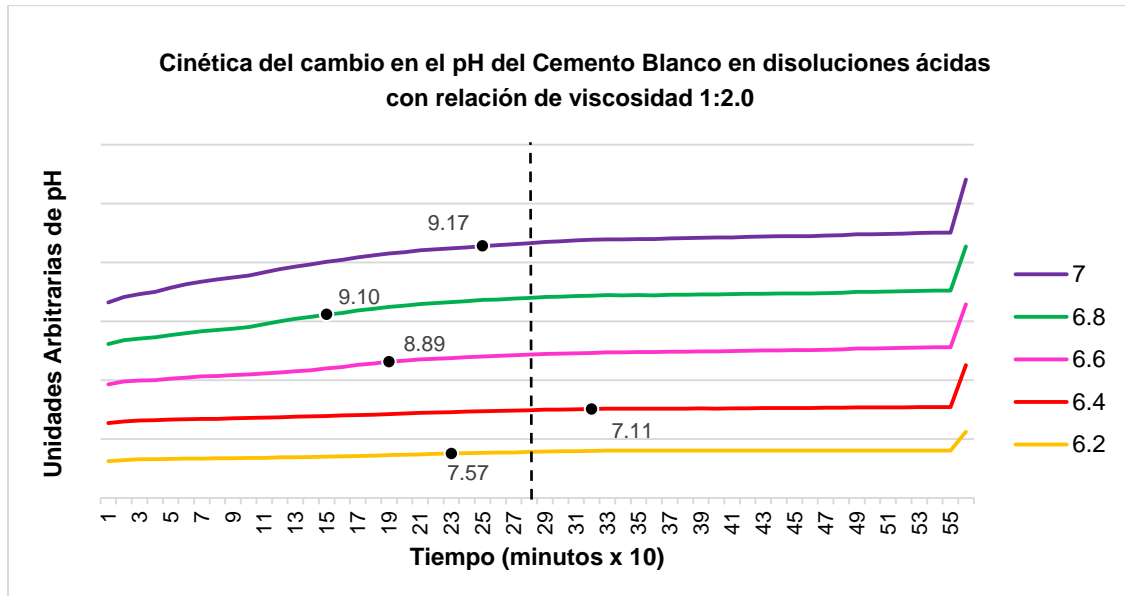
Gráfica 24.- Reacción del pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 280 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

Se analiza la reacción de las disoluciones ácidas del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0 a diferentes pH que van desde el 6.2 hasta el 7.0. En la grafica 25 se observa en el minuto 280 una línea que representa la mediana (:), la cual es el 50% de los valores obtenidos, en un tiempo de 9 horas y un ultimo valor de 24 horas. En el inicio de la reacción se observa que el pH 7.0, 6.8 y 6.6 tienen una mayor reacción y se cruzan al minuto 80, mientras que los pH 6.2 y 6.4 se observa una reacción mas lenta en esta viscosidad. Se analizan las curvas a las 9 horas y en las disoluciones ácidas con pH 6.2 6.4 y 7 alcanzaron una estabilidad en minuto 120 aproximadamente, el pH 6.8 en el minuto 150 y el que tardó más fue el pH 6.6 teniendo una estabilidad al minuto 190, hasta su ultimo valor que fue a las 24 horas se observa que en todos los pH hubo un aumento en su reacción.



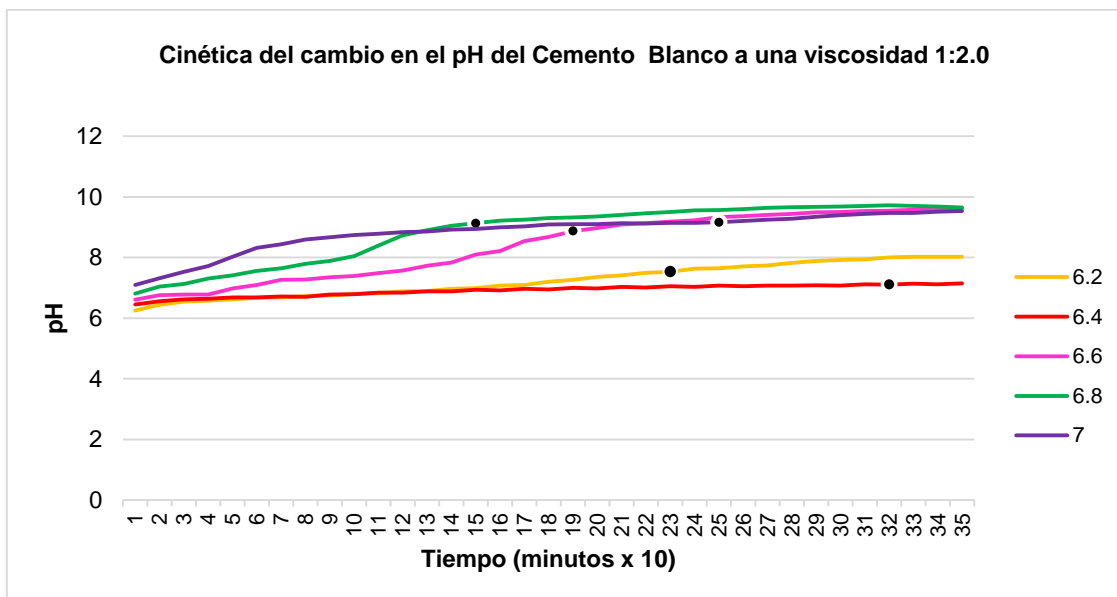
Gráfica 25.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En la gráfica 26 se analiza el cambio en la cinética de reacción en el Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0, en el cual se indentificaron los valores de la media y su relación con le mediana (50% de los valores). En la mayoría de los casos se observa que la media se encuentra anterior a la línea de la mediana a excepción del pH 6.4, ya que la media de esta solución se encuentra posterior a la mediana. Los valores de la izquierda de la mediana representan la mayor cantidad de cambios en la reacción teniendo una estabilidad no mayor a 250, mientras que el pH 6.4, que su valor de media se ubica a la derecha, pasando la línea de la medianana muestra una menor reacción, ya que la media se encuentra en el minuto 320.



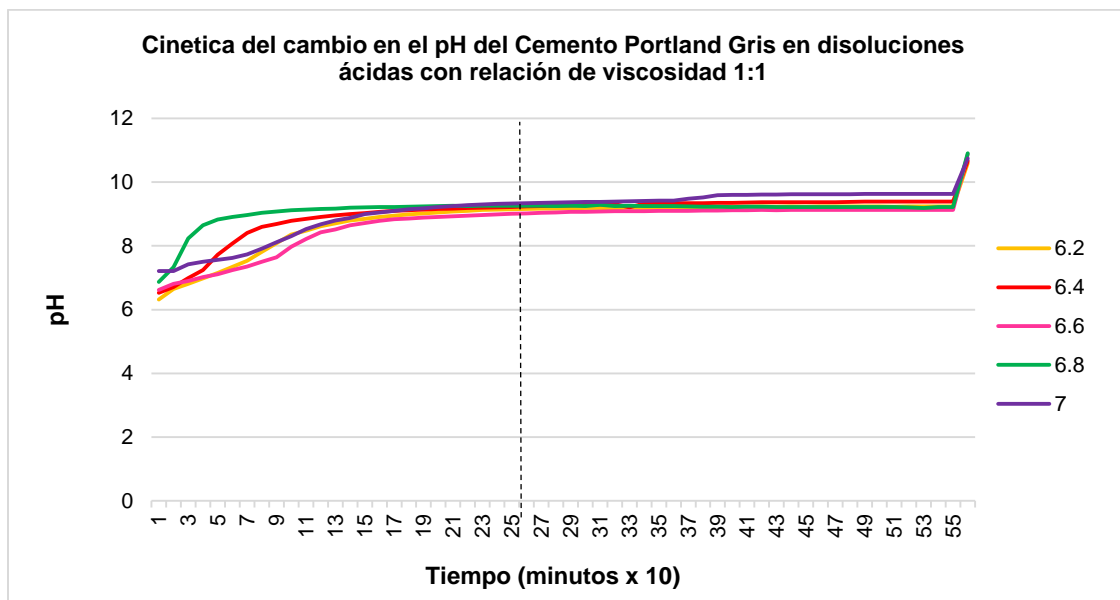
Gráfica 26.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●).

En la gráfica 27 se analiza la reacción del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0, en las diferentes disoluciones ácidas que van de 6.2 hasta 7.0, en un tiempo aproximado de 350 minutos. En el análisis de la reacción se observa que conforme a los valores de la media el pH 6.8 tiene una reacción con cambios intensos en el minuto 80 hasta el minuto 120, la reacción sigue hasta pasar el valor de la media (9.10) en el minuto 150 y ésta sigue con pocos cambios en la reacción; el pH 6.6 tiene cambios desde su inicio, sin embargo en el minuto 40 hasta el minuto 170 se observa una reacción intensa, la cual sigue hasta pasar el valor de la media (8.89) en el minuto 190, la reacción sigue avanzando con pocos cambios; el pH 6.2 desde su inicio de la reacción muestra pocos cambios, en el minuto 160 hasta el 280 tiene cambios intensos y la reacción sigue progresando hasta el valor de la media (7.57) ubicada en el minuto 230; y la reacción sigue aunque con cambios menos intensos; la solución ácida en el pH 7.0 presenta cambios desde su inicio, la reacción acelerada se ubica en el minuto 40 hasta el minuto 80, la reacción sigue sin grandes cambios hasta pasar el valor de la media (9.17) en el minuto 250, la reacción sigue avanzando con pocos cambios; el pH 6.4 desde el inicio presenta una reacción con muy pocos cambios por lo cual la línea se mantiene recta sin grandes cambios, el valor de la media (7.11) se ubica en el minuto 320, este valor sobrepasa la línea de la mediana, la reacción sigue su progreso con pocos cambios en la reacción.



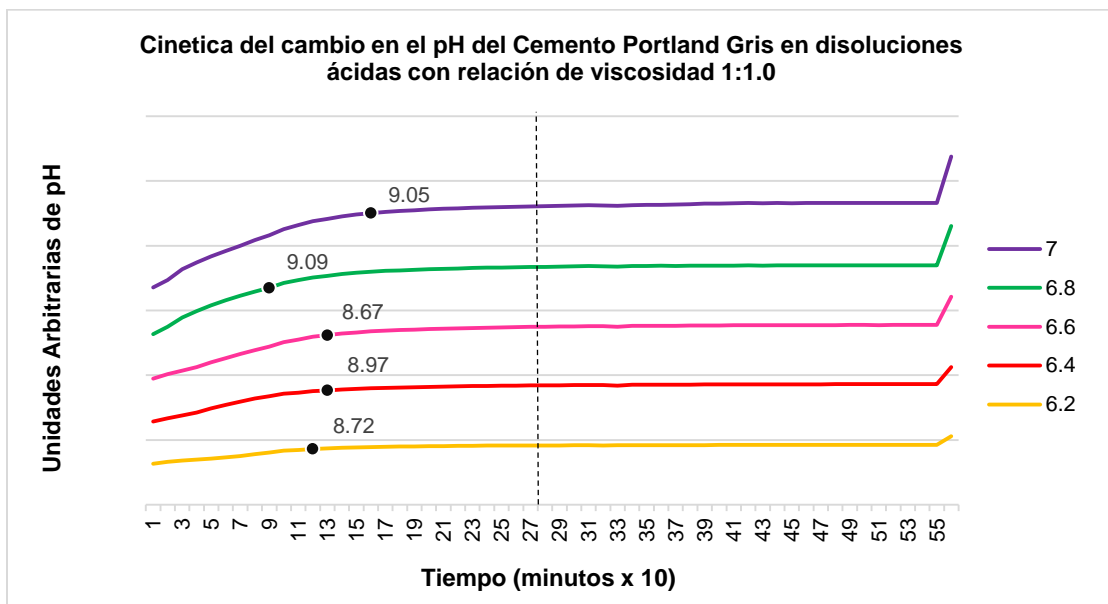
Gráfica 27.- Reacción del pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 350 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

La gráfica 28 representa la reacción que ocurre en las disoluciones ácidas con diferentes pH del 6.2 hasta 7.0 al adicionar Cemento Gris en una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9 horas y un último valor a las 24 horas, la línea punteada ubicada en la observación 280 corresponde a la localización del valor de la mediana (¡). En el análisis de las 9 horas se observa un cambio intenso en el pH 6.8 y pH 6.4 siendo estas disoluciones las que presentan una mayor reacción y una estabilidad en un tiempo de 90 minutos aproximadamente, y las de menor reacción se encuentran los pH 6.2, pH 6.6 y pH 7.0 estas soluciones ácidas tienen una estabilidad cerca del minuto 130, sin embargo las curvas se entre cruzan en el minuto 160 y las reacciones siguieron su progreso hasta alcanzar los valores más altos en esta viscosidad. En el análisis de la curva en un último valor de 24 horas se observa un aumento en la reacción en todas las disoluciones ácidas.



Gráfica 28.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (¡).

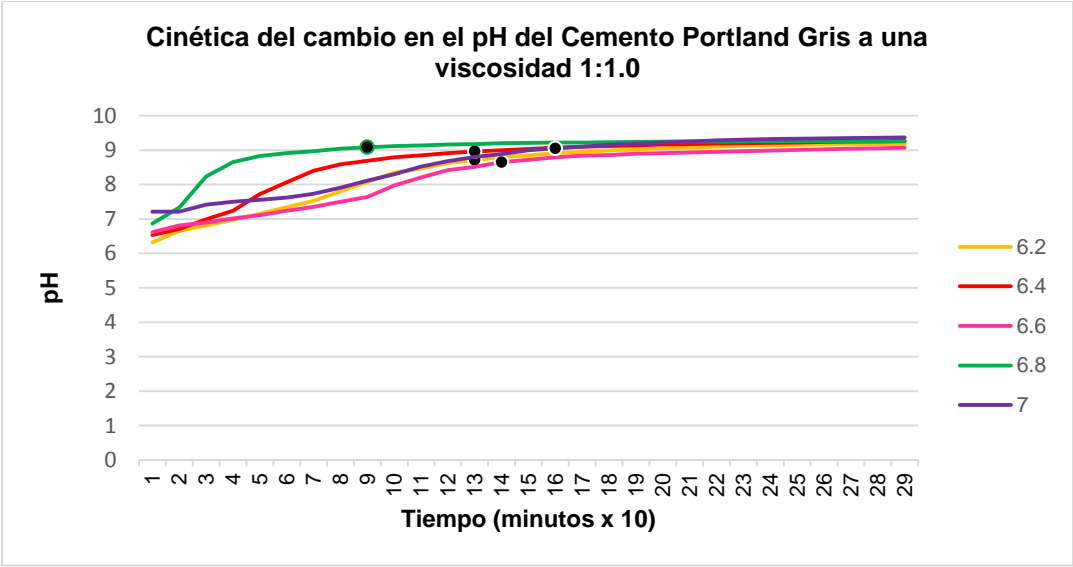
En la gráfica 29 se observa la cinética de la reacción del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0, en la que se analizan los valores de la media y la distribución de la mediana. Se observa que los valores de la media no rebasaron la línea de la mediana, ya que no presento cambios del lado derecho. La mayor reacción se observa del lado izquierdo de la mediana, por lo cual los valores de la media en cada disolución se encuentran anterior a la observación de minuto 160.



Gráfica 29.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (⋮) y el promedio (●).

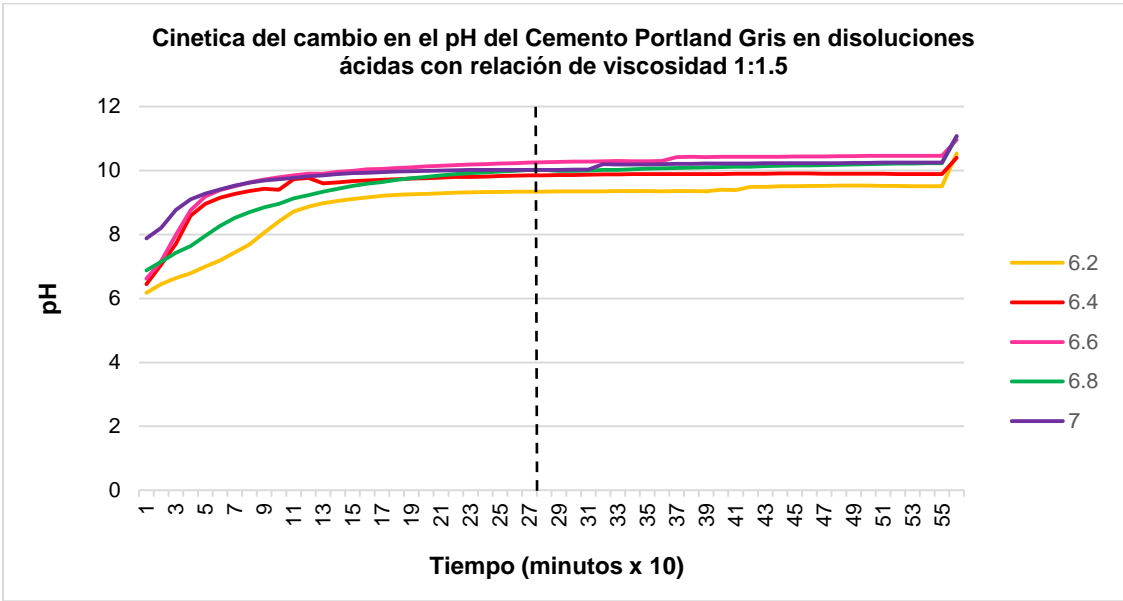
En la gráfica 30, se observa la cinética de reacción de las disoluciones ácidas que van del pH 6.2 hasta el pH 7.0, al agregar Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0. La gráfica se analiza conforme a los valores de la media que se ubican anterior a la mediana. La reacción de las diferentes disoluciones ácidas en un tiempo de 280 minutos. El valor de la media con mayor reacción se da en los pH 6.8 presenta una buena reacción en su inicio, la mayor reacción se observa en el minuto 20 hasta el minuto 50, la reacción sigue su curso hasta el valor de la media (9.09) ubicada en el minuto 90, la reacción sigue aunque con pocos cambios; el pH 6.2 presenta una reacción desde su inicio, pero en el minuto 20 hasta el minuto 120 se observan

mayores cambios en la reacción, la reacción sigue hasta pasar el valor de la media (8.78) en el minuto 130, la reacción sigue su curso con pocos cambios; el pH 6.4 tiene cambios en su reacción desde el inicio, sin embargo la mayor reacción se observa en el minuto 40 hasta el minuto 90, esta reacción avanza hasta pasar por la media (8.97) ésta se ubica en el minuto 130 y la reacción sigue aunque con pocos cambios; el pH 6.6 la reacción desde su inicio presenta cambios, sin embargo la mayor reacción se da en el minuto 90 hasta el 120, la reacción sigue avanzando hasta pasar el valor de la media (8.67) que se ubica en el minuto 140, pasando la media sigue con cambios menos intensos, la disolución con pH 7.0 en su inicio no tiene cambios, sin embargo la mayor reacción de esta disolución se ubica en el minuto 80 hasta el minuto 120, la reacción pasa por el valor de la media en el minuto 160 y sigue avanzando hasta su valor máximo con cambios menos intensos.



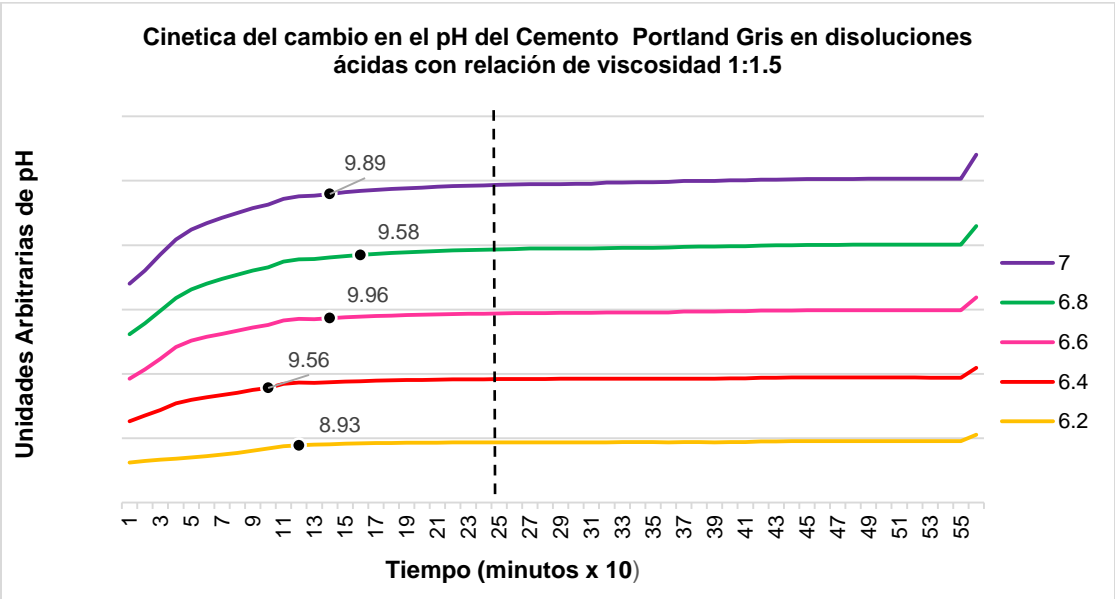
Gráfica 30.- Reacción del pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0, se limita el análisis a 290 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la gráfica 31 se analiza la reacción de las disoluciones ácidas con los diferentes pH que van desde 6.2 hasta 7.0 al agregar Cemento Gris a una viscosidad de 1:1.5, en un tiempo de 9 horas y un valor final de 24 horas, la línea que se encuentra en el minuto 280 es la ubicación de la mediana (∩), que representa el 50% de los valores. Las disoluciones ácidas con cambios importantes en su reacción son los pH 6.4, 6.6 y 7.0 los cuales son primero en reaccionar, los pH 6.2 y 6.8 se observa una reacción más lenta, sin embargo se da un entrecruzamiento de las curvas de las disoluciones ácidas en el minuto 50 de los pH 6.4, 6.6 y 7.0, mientras que el pH 6.8 se entrecruza en el minuto 150 y el pH 6.2 su curva no se entrecruza con las demás. En el valor 56 de las 24 horas se observa un aumento en su reacción.



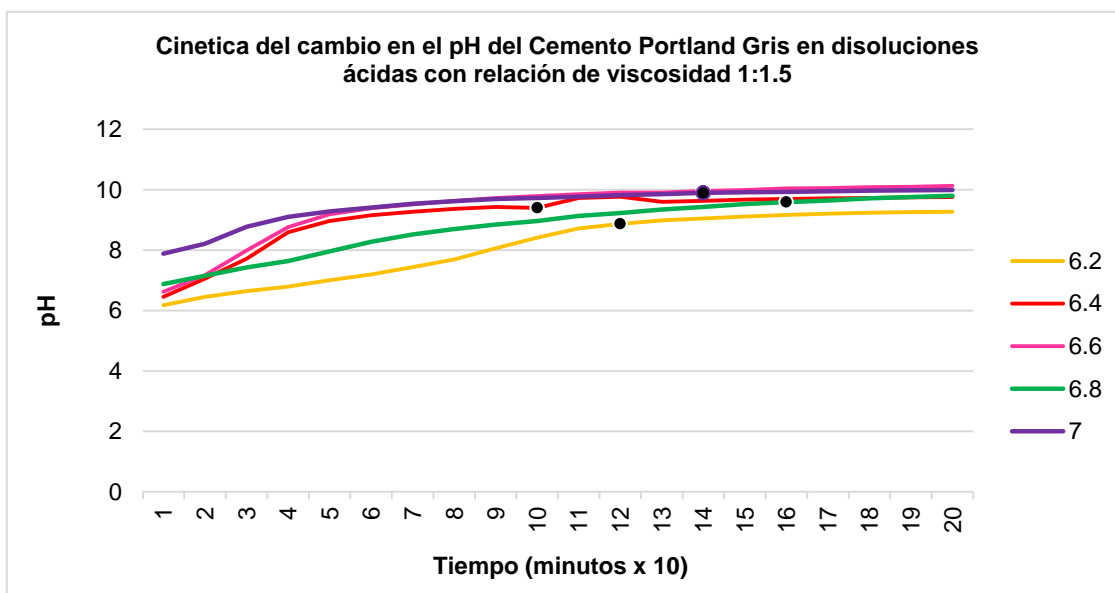
Gráfica 31.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (∩).

Conforme al análisis de la cinética de reacción de las disoluciones ácidas en el Cemento Gris 1:15, se graficaron los valores de la media con la mediana. En la gráfica 32, se analiza la media con la mediana, que representa el 50% de los valores, se observa conforme a los valores de la media, que la mayor reacción se da del lado izquierdo de la mediana anterior al minuto 190, por el contrario, del lado derecho las disoluciones ácidas se mantienen estables sin cambios.



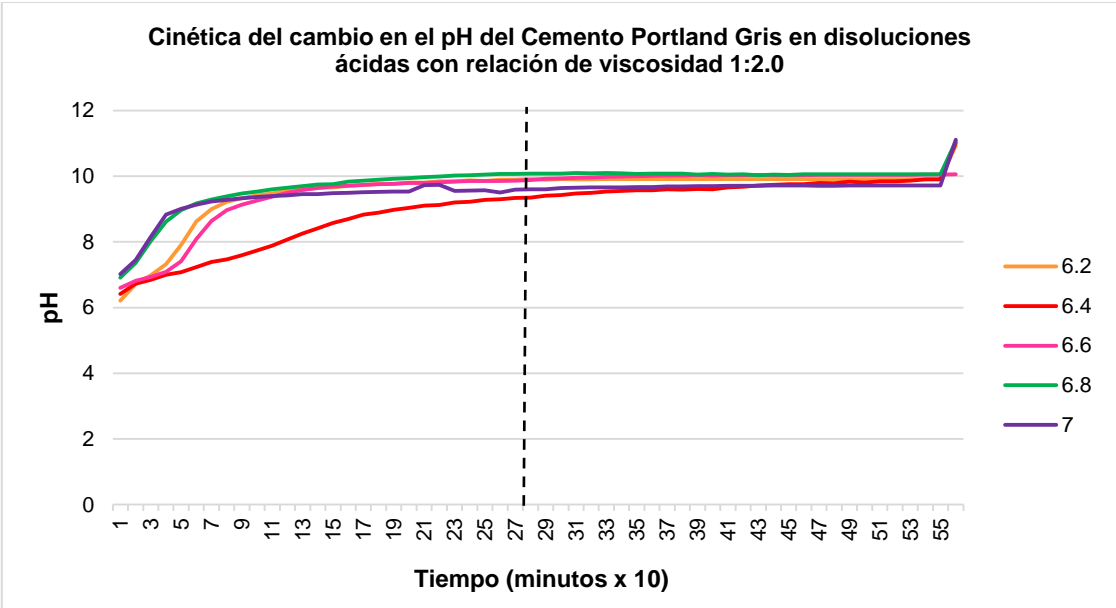
Gráfica 32.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●).

El análisis de la reacción que ocurre antes del valor de la mediana puede observarse en la gráfica 33. Se analiza la reacción de cada una de las disoluciones ácidas del cemento Portland gris a una viscosidad 1:1.5. Conforme a los valores de la media, se observa la velocidad de reacción en las diferentes disoluciones ácidas en un tiempo de 200 minutos. El valor mayor de la media correspondió al pH 6.4 que tuvo una reacción acelerada desde el inicio hasta el minuto 30, ya para el 50 en adelante disminuyó, pasando por la media (9.56) en el minuto 70, a partir de este punto su observa un aumento en la reacción y posterior los cambios son menos intensos. El pH 6.2 la pendiente que traza la reacción es menor que las demás disoluciones ácidas, en ésta la tendencia de los cambios en el pH son pequeños pero sostenidos, de manera que los mayores cambios se dieron a partir del minuto 80 y hasta el minuto 100 donde se mantiene hasta el valor de la media (8.93) en el minuto 120 y después la reacción sigue pero con cambios más lentos hasta alcanzar su máximo. El pH 6.6 que tuvo una reacción acelerada desde su inicio y del minuto 40 hasta el 50 los cambios fueron mayores, pasando este punto los cambios son menos intensos y se mantuvieron así hasta llegar al valor de la media (9.96) en el minuto 140. En los pH 7.0 y 6.8 tienen una reacción más lenta, en la reacción mostraron mayores cambios entre el minuto 20 hasta el minuto 50, en los valores de la media se alcanzaron en el minuto 140 y 160, siendo 9.89 y 9.58, para los pH 7.0 y pH 6.8.



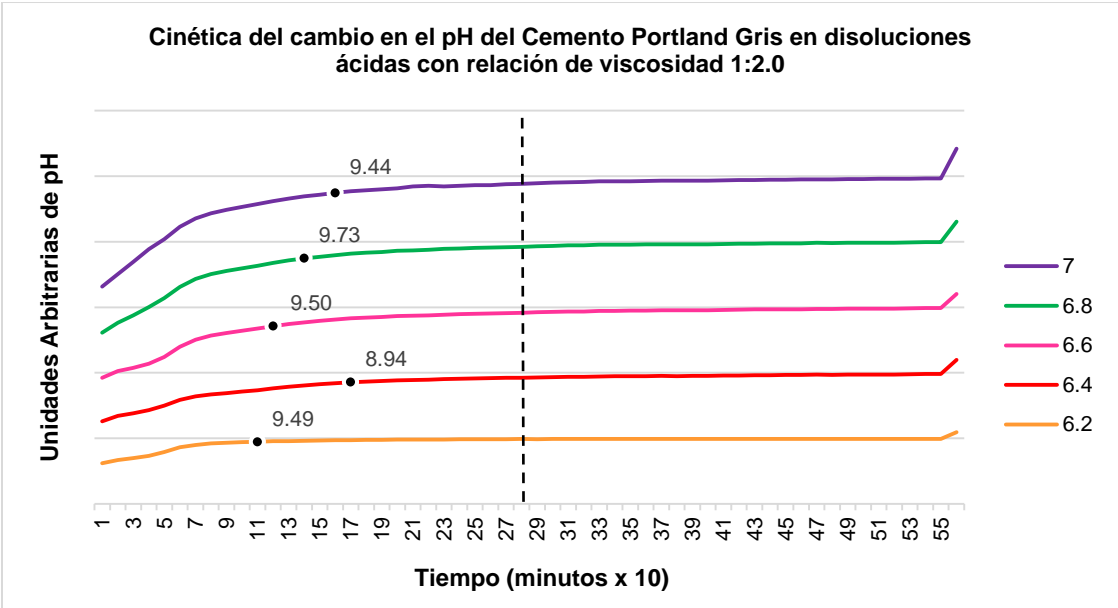
Gráfica 33.- Reacción del pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la cinética de la velocidad de reacción del Cemento Gris a una viscosidad de 1:2.0 en un tiempo de 9 horas y un último valor de 24 horas. En la gráfica 34 se analizaron los valores de la mediana (:), representada con una línea en el minuto 280, la cual muestra que la mayoría de las reacciones se dan anterior a esta línea de la mediana, dando como resultado que la disolución ácida con mayor reacción es el pH 6.2 y 6.4 seguidas de los pH 6.8 y 7.0, mientras que el pH 6.4 es más lenta su reacción, sin embargo las curvas se entrecruzan aproximadamente en el minuto 100. En el valor de las 24 horas se observa un aumento en la reacción de todas las disoluciones ácidas



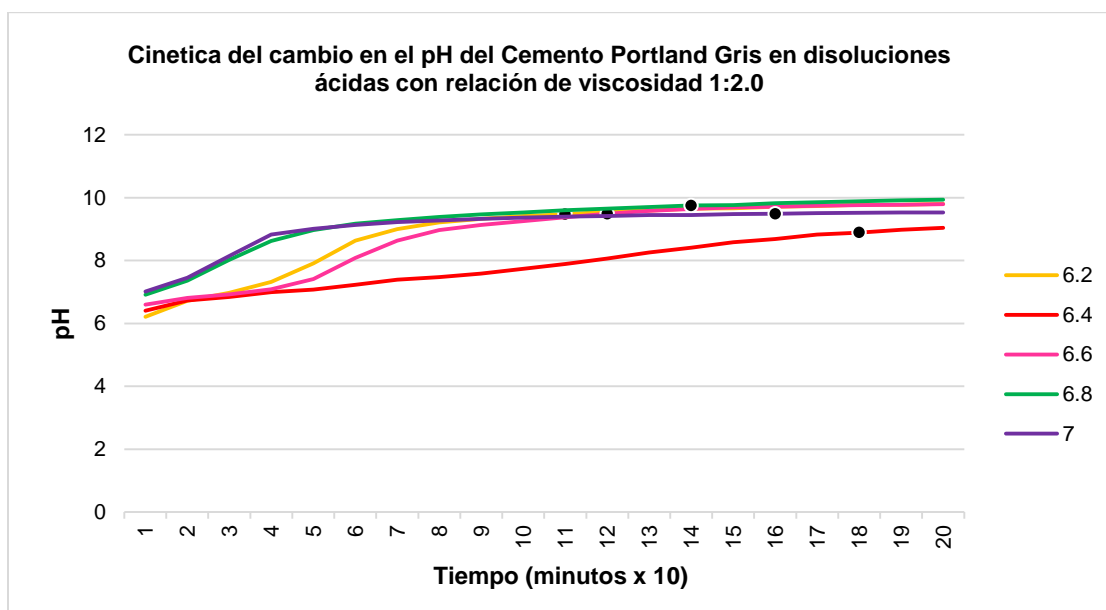
Gráfica 34.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:).

En la cinética de la velocidad de reacción del Cemento Gris a una viscosidad de 1:2.0 en un tiempo de 9 horas y un último valor de 24 horas. En la gráfica 35 se analizan los valores de la media y su relación con la mediana. Se observa la reacción de las disoluciones ácidas conforme a la media y la mediana, la mayor reacción se observa del lado izquierdo; y del lado derecho se observa una estabilidad de las disoluciones ácidas. Conforme a la media los valores obtenidos se encuentran anteriores a la mediana alcanzando una estabilidad aproximadamente al minuto 180.



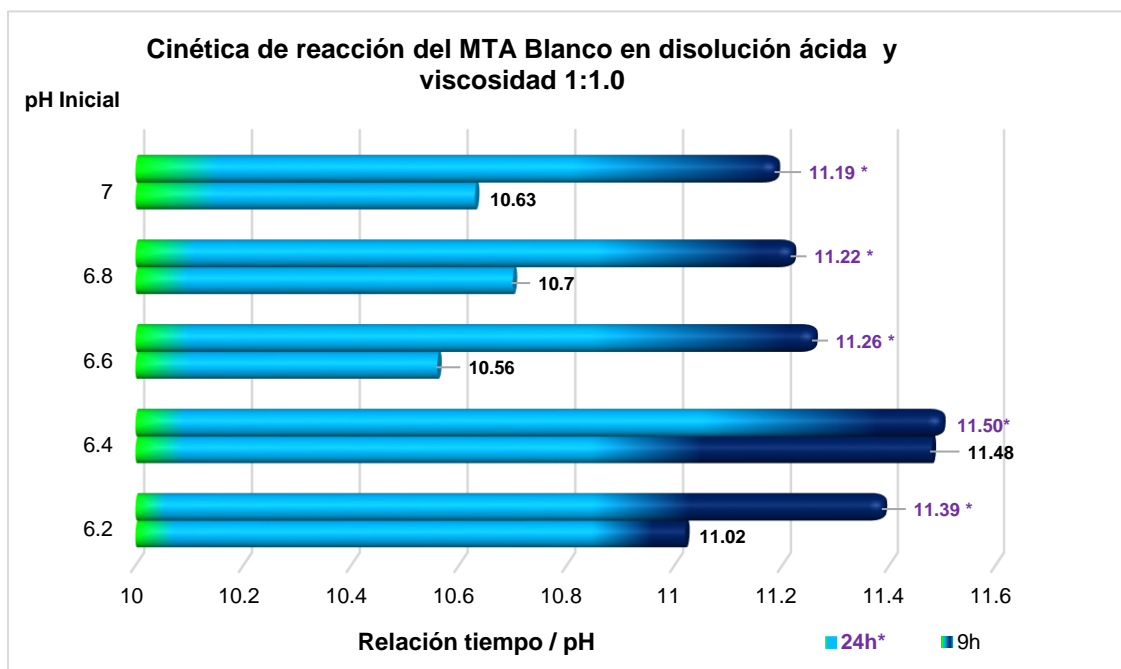
Gráfica 35.- Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0. En la gráfica se ubica la localización de la mediana (:) y el promedio (●).

El análisis de la reacción conforme a la media está representada en la gráfica 36. Se observan las diferentes reacciones de cada una de las disoluciones del cemento Portland gris a una viscosidad de 1:2.0, en un tiempo de 200 minutos. El valor mayor de la media correspondió al pH 6.2 que desde el principio tuvo cambio en el pH, aunque en el minuto 20 se observa una reacción acelerada hasta el minuto 70, pasando por la media (9.49) ubicada en el minuto 120, de manera que los cambios siguientes variaron muy poco. En el pH 6.8 se observan cambios desde el principio y su mayor reacción se da al minuto 20 hasta el minuto 50, pasando este minuto en adelante se encuentra el valor de la media (9.73) en el minuto 140, donde en adelante se mantiene con pocos cambios. En el pH 7.0 la reacción acelerada es del minuto 20 hasta el minuto 60, donde los valores se mantienen hasta la media (10.45), ubicada en el minuto 120, donde la reacción presenta pocos cambios. En el pH 6.4 la solución ácida presenta pocos cambios desde el inicio, sin embargo los mayores cambios se dan en el minuto 70 hasta el 170, la reacción se mantuvo con pocos cambios hasta llegar a su valor de la media (8.94) ubicada en el minuto 180, la reacción siguió con cambios menos intensos. Todas las disoluciones ácidas siguieron su curso hasta llegar a sus valores máximos.



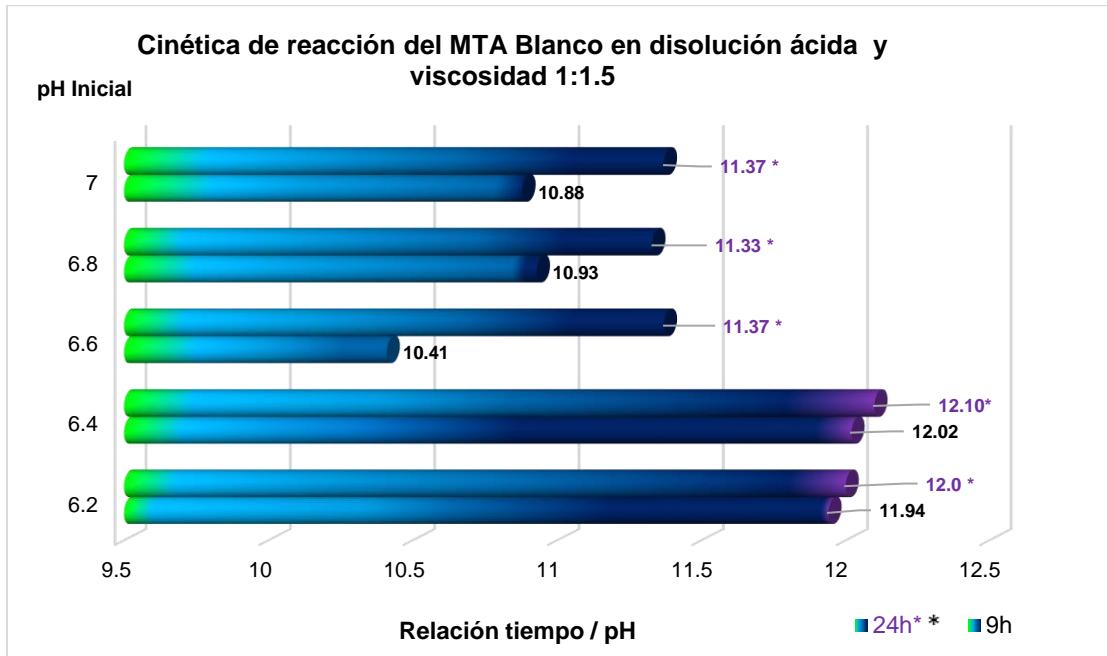
Gráfica 36.- Reacción del pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0, se limita el análisis a 200 minutos y se ubica la localización del valor de la media (●).

En la gráfica 37 se analiza la reacción del MTA Blanco en diferentes disoluciones ácidas. En el eje vertical se encuentran los valores iniciales de pH de 6.2 hasta 7.0 a una viscosidad 1:1.0, en las barras horizontales se encuentran los valores de pH alcanzados a las 9h y 24h (marcada con *) en cada solución. Las cuales se observan en la gráfica conforme a los valores de las 9 horas el pH con mayor reacción es el 6.4 (11.48), seguido del pH 6.2 (11.02), el pH 6.8 (10.70), mientras que los valores más bajos están los pH 7.0 (10.63) y el pH 6.6 (10.56). En la medición de las 24h se encontró la mayor reacción en el pH 6.2 (11.39), seguido de los pH 6.6 (11.26), el pH 6.4 (11.23) y el pH 6.8 (11.22) y el de menor valor se encuentra el pH 7.0 con un valor de 11.19.



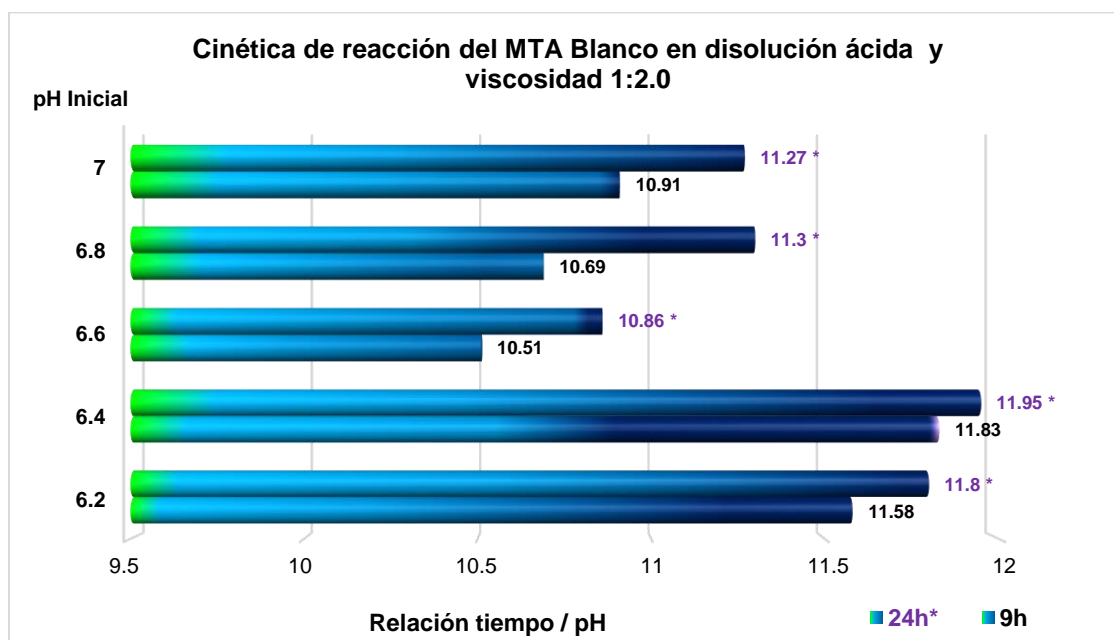
Gráfica 37.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En la gráfica 38 se representa la reacción del MTA Blanco en diferentes disoluciones ácidas que van de 6.2 hasta 7.0 y una viscosidad de 1:1.5, Los valores iniciales se encuentran en el eje vertical mientras en las barras horizontales se encuentran los valores de pH registrados a las 9h y 24h (*) en cada solución. A las 9 horas se observó que la solución ácida con mayor reacción es el pH 6.4 (12.02), seguido del pH 6.2 (11.94), pH 6.8 (10.93), pH (10.88) mientras que el pH 6.6 (10.41) es la disolución ácida con menor reacción. En la última medición de las 24h (*) las disoluciones ácidas con valores más altos son el pH 6.4(12.10) y pH 6.2 (12.0), mientras que en los pH 6.6 y 7.0 tienen un valor de 11.37 y el valor menor reacción es el pH 6.8 con 11.33.



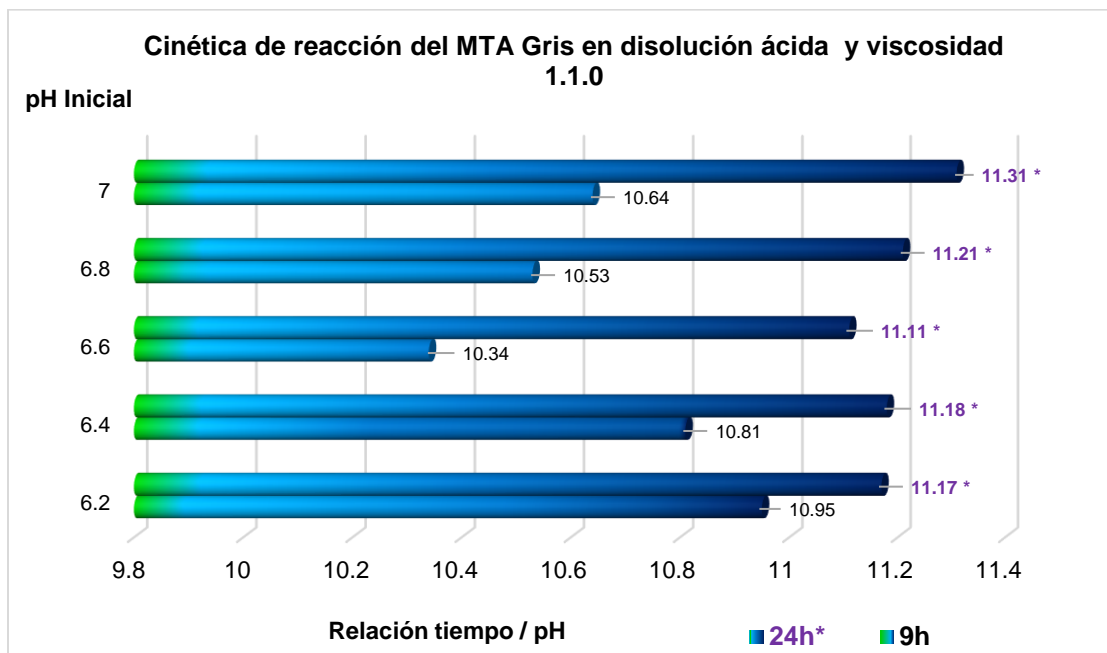
Gráfica 38.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En la gráfica 39 muestra los cambios en la reacción de las disoluciones ácidas que van del 6.2 hasta el 7.0 en una viscosidad 1:2.0 al adicionar MTA Blanco, teniendo valores iniciales que se encuentran en el eje vertical mientras en las barras horizontales se encuentran los valores de pH alcanzados a las 9h y 24h (marcada con *) en cada solución. En un tiempo de 9 H se observa que la solución ácida con mayor reacción es el pH 6.4 (11.83), seguido del pH 6.2 (11.58), pH 7.0 (10.91), pH 6.8 (10.69) y el de menor reacción es el pH 6.6 (10.51). Se analizan los valores de la medición a las 24 horas y se observa que los pH con mayor reacción es el pH 6.4 (11.95) y pH 6.2 (11.80), seguido de los pH 6.8 (11.30), pH 7.0 (11.27), mientras que la solución con menor reacción se observa en el pH 6.6 con un valor de 10.86.



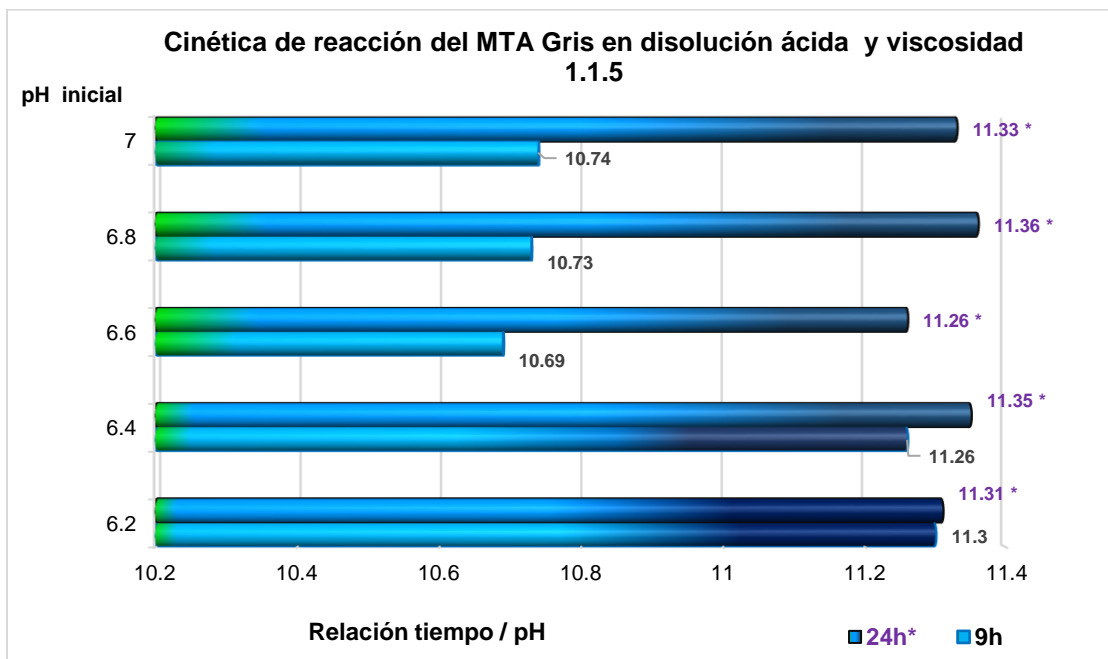
Gráfica 39.-Cinética de reacción en el pH del MTA Blanco a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En la gráfica 40 se observan los cambios en la reacción en las diferentes disoluciones ácidas en una viscosidad 1:1.0 al adicionar MTA Gris. línea vertical se observan los pH iniciales que van desde el pH 6.2 hasta el 7.0 y en las barras horizontales se encuentra la reacción en un tiempo de 9h y una última medición de 24h los cuales están identificados por un (*). En un tiempo de 9 horas se observa que el pH con mayor reacción en las diferentes disoluciones ácidas se encuentra el pH 6.2 (10.95) seguidos del pH 6.4 (10.81), pH 7.0 (10.64), pH 6.8 (10.53) y el de menor reacción está el pH 6.6 (10.34). En una última medición de las 24 horas se observa que todos los pH tienen valores similares por arriba del 11 teniendo como el valor más alto el pH 7.0 (11.31), pH 6.8 (11.21), pH 6.4 (11.18) pH 6.2 (11.17) y el de menor valor se encuentra pH 6.6 (11.11).



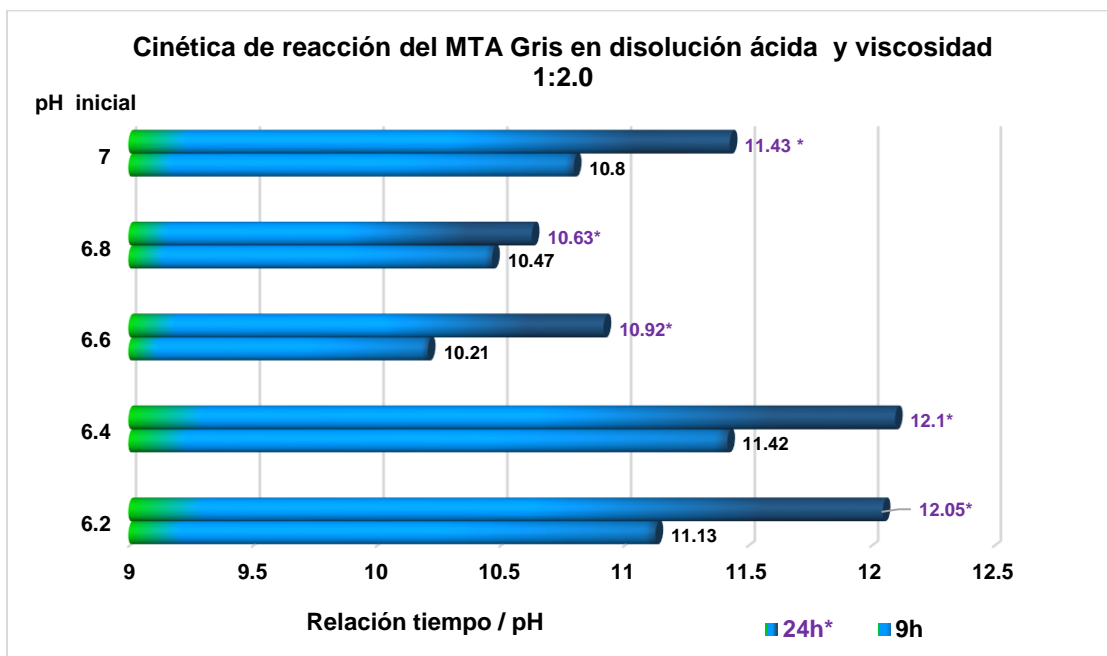
Gráfica 40.-Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En el análisis de gráfica 41 se observa la reacción del MTA Gris a una viscosidad 1:1.5 en diferentes disoluciones ácidas que son los pH iniciales que van de 6.2 hasta 7.0 ubicados en la línea vertical, mientras que horizontalmente se observan las barras mostrando la reacción de las mediciones en un tiempo de 9 horas y una última medición de 24 horas. En un tiempo de 9 horas se observa que el pH con mayor reacción en sus mediciones se encuentra el pH 6.2 (11.30) mientras que los pH 6.4 (11.26), seguido de los pH 6.8 (10.73) y pH 7.0 (10.74) con valores similares y la de menor valor se encuentra el pH 6.6 (10.69). En el análisis de los valores a las 24h los valores más altos y con valores similares se encuentran los pH 6.8 (11.36), pH 6.4 (11.35), pH 7.0 (11.33) y pH 6.2 (11.31), mientras que el de menor valor en las disoluciones ácidas se encuentra el pH 6.6 (11.26).



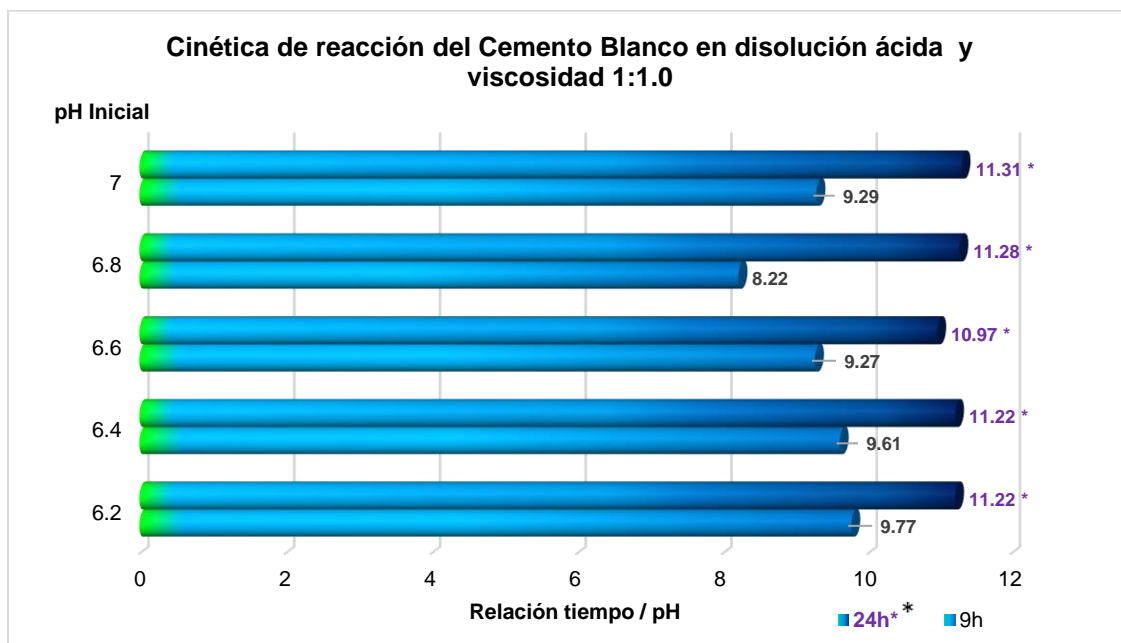
Gráfica 41.-Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En la gráfica 42 se observan los cambios en la reacción de las disoluciones ácidas al agregar MTA Gris a una viscosidad 1:2.0, en la línea vertical se observan los pH iniciales que van del 6.2 hasta el 7.0, y en la línea horizontal las barras que muestran las reacciones de las disoluciones ácidas en un tiempo de 9 horas y una última medición a las 24 horas. En una última medición de 24 horas, el pH con mayor reacción se observa 6.4 (12.10), seguido de los pH 6.2 (12.05), pH 7.0 (11.43) y los valores con menor reacción el pH 6.6 (10.92) y el pH 6.8 (10.92) y en un tiempo de 9 horas las disoluciones ácidas con mayor reacción se encuentran los pH 6.4 (11.42) y pH 6.2 (11.13), seguido de los pH 7 (10.80), pH 6.8 (10.47) y el de menor valor es el pH 6.6 (10.21).



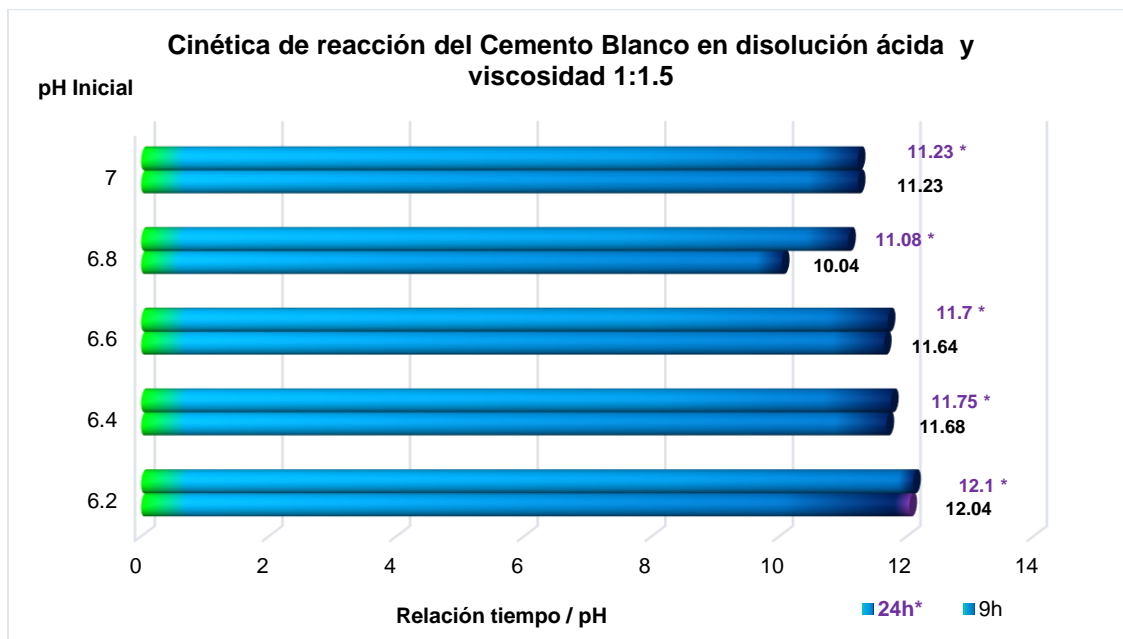
Gráfica 42.-Cinética de reacción en el pH del MTA Gris a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

Se representa la reacción en la gráfica 43 que muestra los cambios del Cemento Blanco a diferentes disoluciones ácidas a una viscosidad 1:1.0 en un tiempo de 9 horas y una última medición a las 24 horas la cual se encuentra resaltada con un (*). En la línea vertical se observan los pH iniciales que van de 6.2 hasta 7.0, y horizontal las barras donde se observa la reacción de las disoluciones en un tiempo de 9 horas mostrando que el pH 6.8 (8.22) es el que tiene menor reacción, mientras que las demás disoluciones ácidas tienen mayor reacción y valores similares, pH 6.2 (9.77), seguido de los pH 6.4 (9.61), pH 7.0 (9.29) y pH 6.6 (9.27), en una medición de 24 horas los pH con mayor reacción y valores similares son los pH 7.0 (113.1), pH 6.8 (11.28), pH 6.2 y 6.4 (11.22) y el de menor reacción el pH 6.6 (10.97).



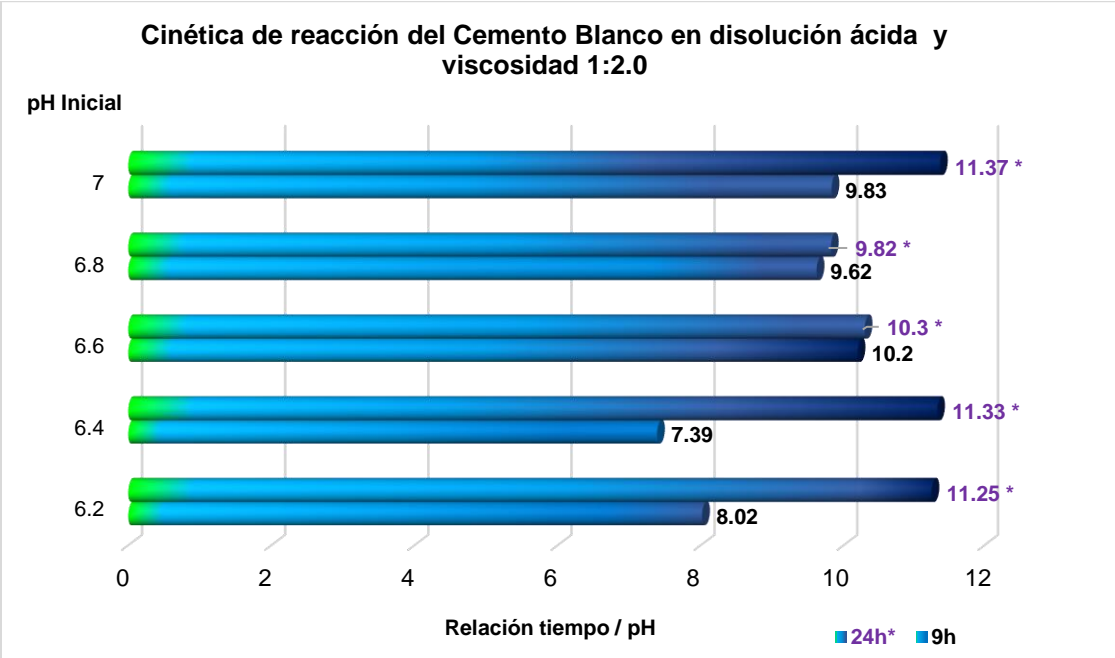
Gráfica 43.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En la gráfica 44 se observa la reacción de las diferentes disoluciones ácidas al adicionar el Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5. Se analiza en la línea vertical los pH iniciales que van del 6.2 hasta el 7.0 y en la línea horizontal las reacción de las disoluciones en un tiempo de 9 horas y una última medición a las 24 marcadas con un (*). En un tiempo de 9 horas se observa que la mayor reacción se da en el pH 6.2 (12.04), seguido de los pH 6.4 (11.68), pH 6.6 (11.64), pH 7.0 (11.23) y el pH 6.8 (10.4) con menor reacción y en un tiempo de 24 horas se observa que el pH 6.2 (12.10) es el que tiene mayor reacción, seguido de los pH 6.6 (11.70) pH 6.4 (11.75), pH 7.0 (11.23), mientras que el pH 6.8 (11.08) tiene menor reacción.



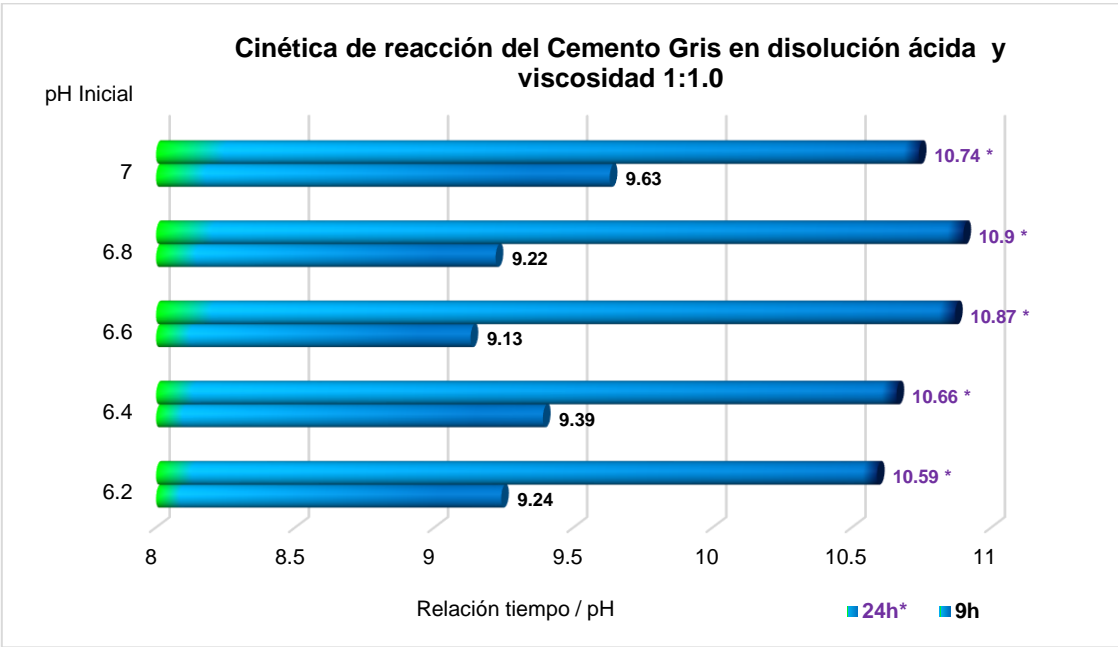
Gráfica 44.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En el análisis de la reacción del Cemento Blanco en una viscosidad de 1:2.0 a diferentes disoluciones ácidas con pH iniciales que van desde el 6.2 hasta el 7.0 que se ubican en la línea vertical, mientras que en las barra horizontales se observa la reacción en un tiempo de 9 horas y una última medición a las 24 horas marcadas con un (*) en la gráfica 45. En un tiempo de 9 horas se observa mayor reacción en el pH 6.6 (10.20), seguido de los pH 7.0 (9.83), pH 6.8 (9.62), pH 6.2 (8.02) y el de menor reacción el pH 6.4 (7.39) y en la medición de 24 horas se observa mayor reacción los pH 7.0 (11.37), pH 6.4 (11.33), pH 6.2 (11.25), seguido de los pH 6.6 (10.30) y pH 6.8 (9.82) en los cuales se observa una menor reacción.



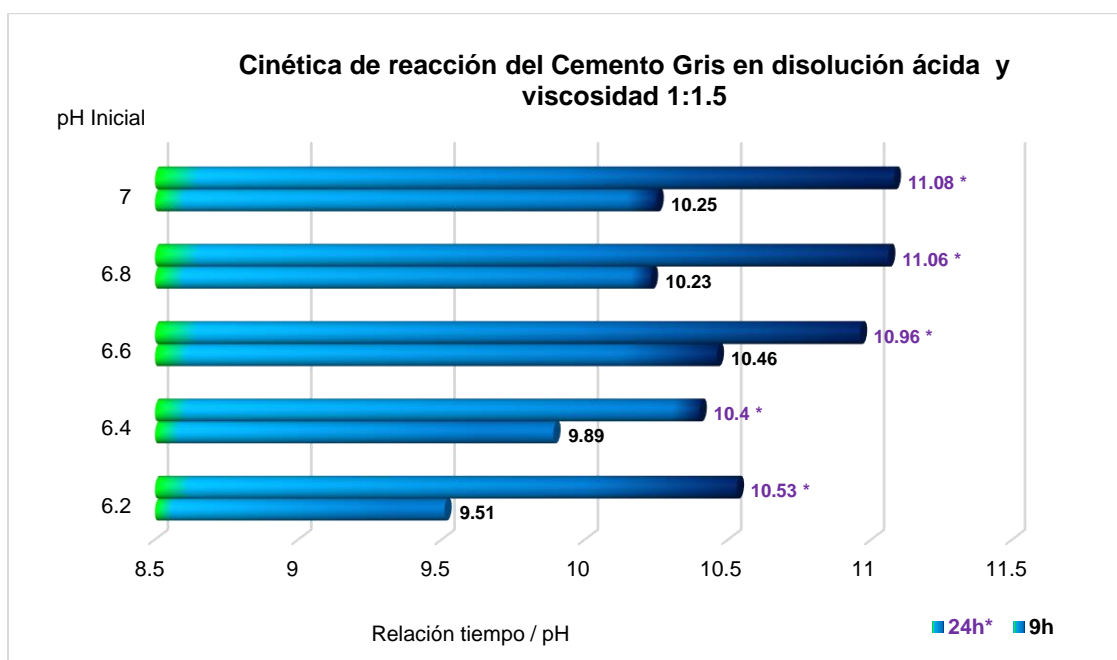
Gráfica 45.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Blanco a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

Se analiza en la gráfica 46 los cambios en la reacción del Cemento Gris a una viscosidad de 1:1.0 a diferentes disoluciones ácidas las cuales se observan en la línea vertical los pH iniciales que van de 6.2 hasta 7.0 y en las barras horizontales la reacción de los pH en un tiempo de 9 horas hasta una última medición de 24 horas ubicando el valor con un (*). En un tiempo de 9 horas se observan que las disoluciones tienen una reacción similar en la cual el pH con mayor reacción es 7.0 (9.63), pH 6.4 (9.39), pH 6.2 (9.24), pH 6.8 (9.22) y el de menor valor es el pH 6.6 (9.13) y en la medición a 24 horas se observa una mayor reacción en comparación de las 9 horas sin embargo la reacción es similar en los pH 6.8 (10.90), pH 6.6 (10.87), pH 7.0 (10.74), pH 6.4 (10.66) y el de menor reacción pH 6.2 (10.59).



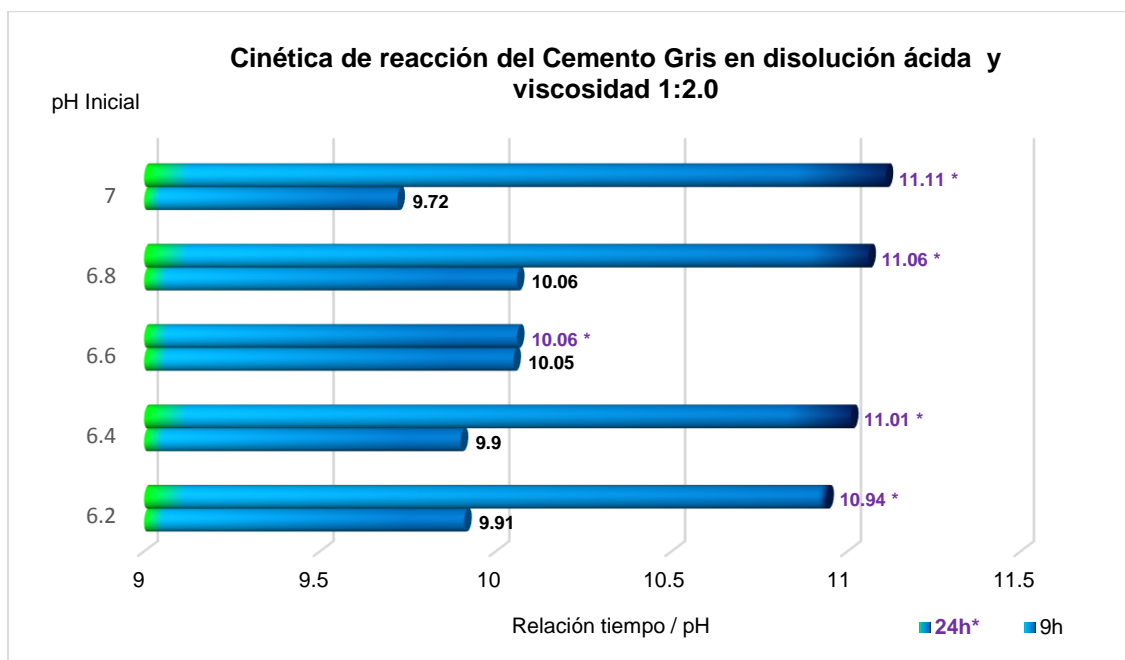
Gráfica 46.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

En gráfica 47 se observa los cambios en la reacción de Cemento Gris en las diferentes disoluciones ácidas a una viscosidad de 1:1.5 En un tiempo de 9 horas y 24 horas (*) que se observa en las barras horizontales y en la línea vertical los pH iniciales los cuales van de 6.2 hasta 7.0. En un tiempo de 24 horas se observa que los valores con mayor pH 7.0 (11.08) y pH 6.8 (11.06) seguido del pH 6.6 (10.96) y los de menor reacción en esta medición son el pH 6.2 (10.53) y el pH 6.4 (10.40) y en los valores de 9 horas se observa una menor reacción, sin embargo en estas disoluciones ácidas el pH 6.6 (10.46) tiene una mayor reacción, seguidos de los pH 7 (10.25) y el pH 6.8 (10.23) y los de menor reacción son el pH 6.4 (9.89) y pH 6.2 (9.51).



Gráfica 47.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:1.5, en un tiempo de 9h y 24h (*).

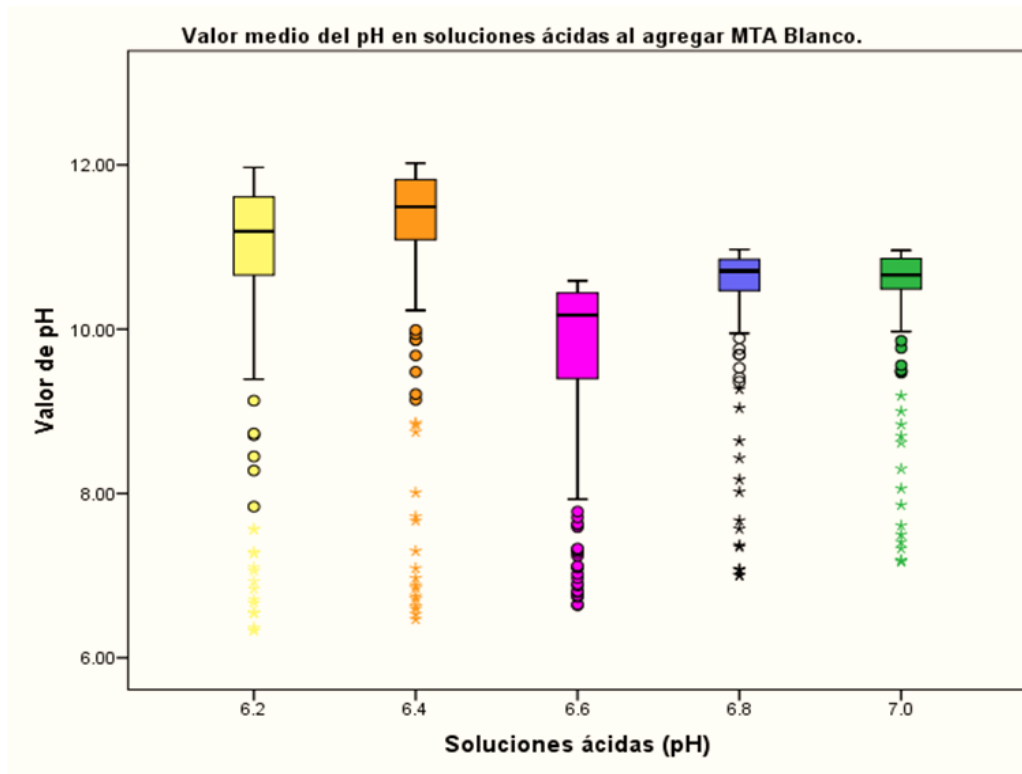
Se observa en la gráfica 48 los cambios en la reacción del Cemento Gris en una viscosidad de 1:2.0, a diferentes disoluciones ácidas que van con un pH inicial 6.2 hasta 7.0 ubicadas en la línea vertical y las barras horizontales que representan la reacción a las 9h y 24h marcada con un (*). En un tiempo de 9h se observa que la mayor reacción se da en los pH 6.8 (10.06) y el pH 6.6 (10.05) y las disoluciones con menor reacción y valores similares el pH 6.2 (9.91), pH 6.4 (9.90) y el pH 7.0 (9.7), mientras que en la última medición de 24 horas se observa que los pH 7.0 (11.11), pH 6.8 (11.06) y pH 6.4 (11.01) tienen mayor reacción y valores similares, y los pH 6.2 (10.94) y pH 6.6 (10.06) tienen una menor reacción.



Gráfica 48.-Cinética de reacción en el pH del Cemento Gris a una viscosidad 1:2.0, en un tiempo de 9h y 24h (*).

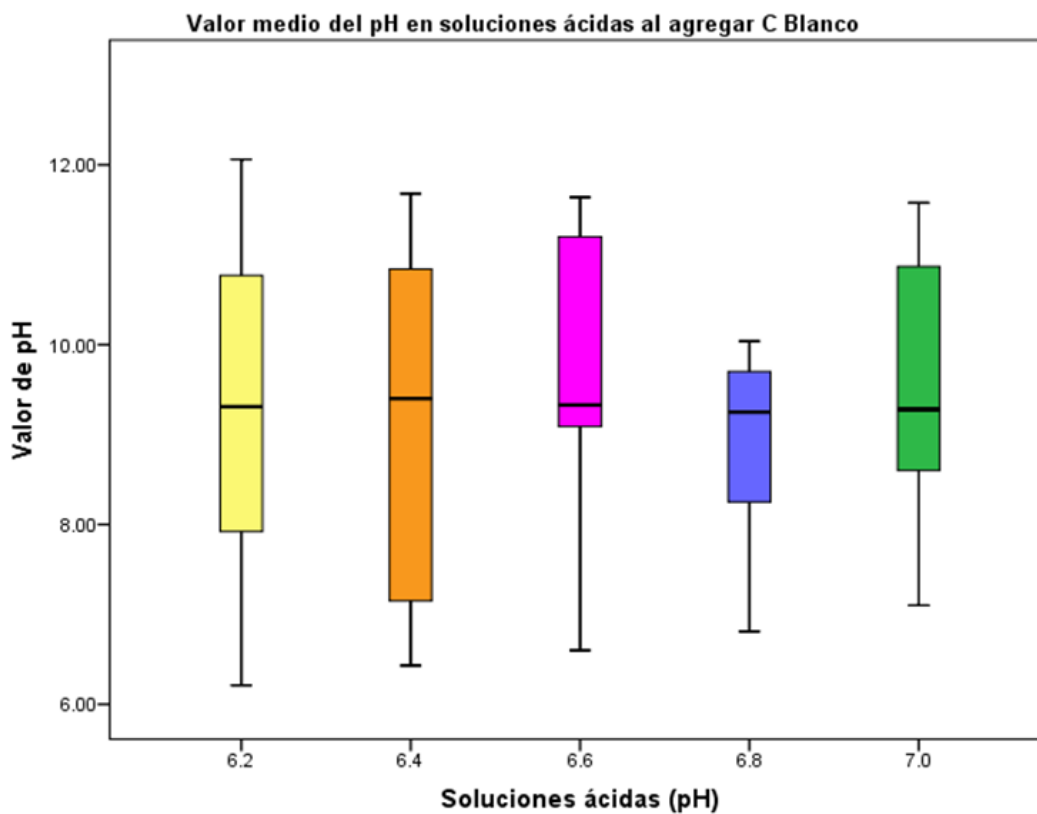
Los valores de pH de cada una de las disoluciones se concentraron en hojas de cálculo en el programa Excel (Microsoft, USA), se realizarán gráficos y se calcularon los valores de tendencia lineal (r) en cada una de los materiales y pH. Los datos concentrados se trasladaron al programa SPSS V.24 (IBM, USA), donde se determinaron las asociaciones estadísticas mediante las medidas de dispersión y tendencia central que permite elegir la prueba estadística paramétrica o no paramétrica, así como los gráficos de tendencia central y distribución por pH y materiales.

En la gráfica 49. Se muestran las distribuciones del cambio en el pH en disoluciones ácidas al agregar el MTA blanco. Las líneas horizontales en las cajas representan el valor de la mediana en cada uno de los grupos. Es importante señalar que las cajas que representan los pH 6.2 y 6.4 fueron los que obtuvieron los valores más altos; mientras que los pH 6.8 y 7.0 tienen una distribución y mediana cercana al valor de 10; y el grupo de pH 6.6 tiene una mediana menor y la caja de distribución fue la menor del MTA blanco.



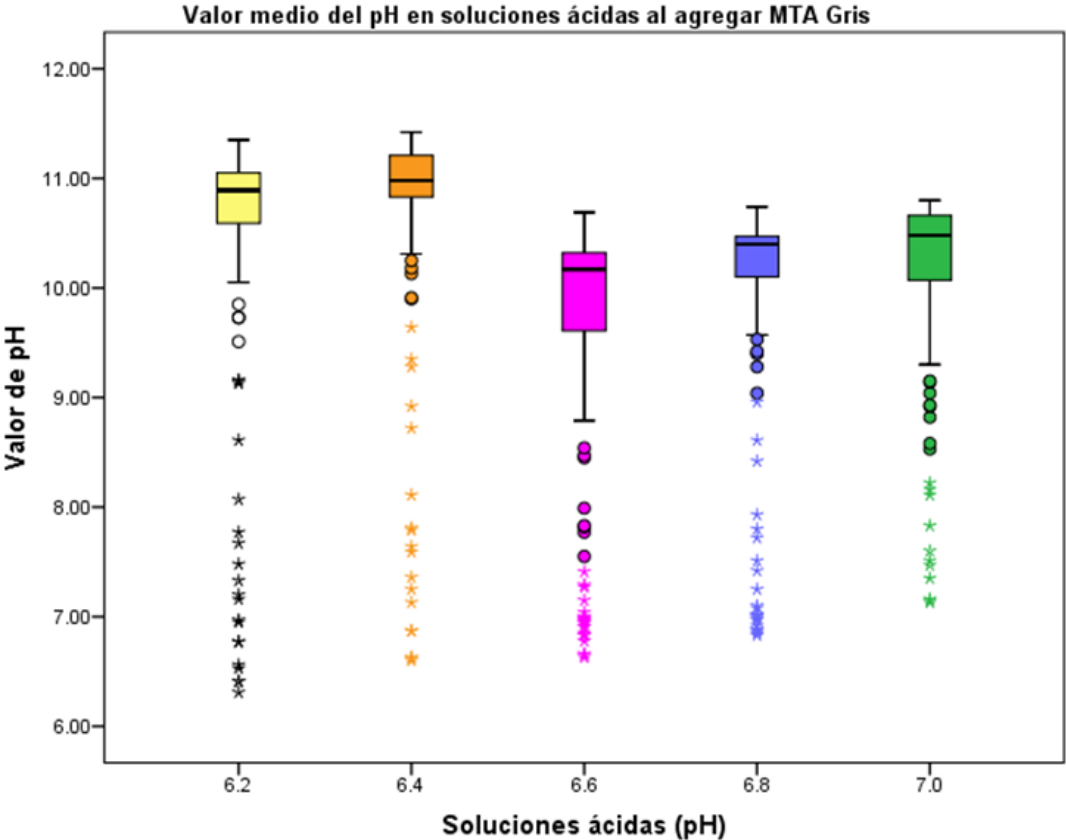
Gráfica 49.- Valores de pH de las disoluciones ácidas con MTA Blanco.

La gráfica 50 Muestra la distribución de los cambios de pH en las disoluciones ácidas al agregar Cemento Blanco. Las líneas horizontales de las cajas representan el valor de la mediana en cada uno de los grupos. Se observa en las cajas de los diferentes pH que la distribución de la mediana en el Cemento Blanco se mantiene en un valor cercano a 10.



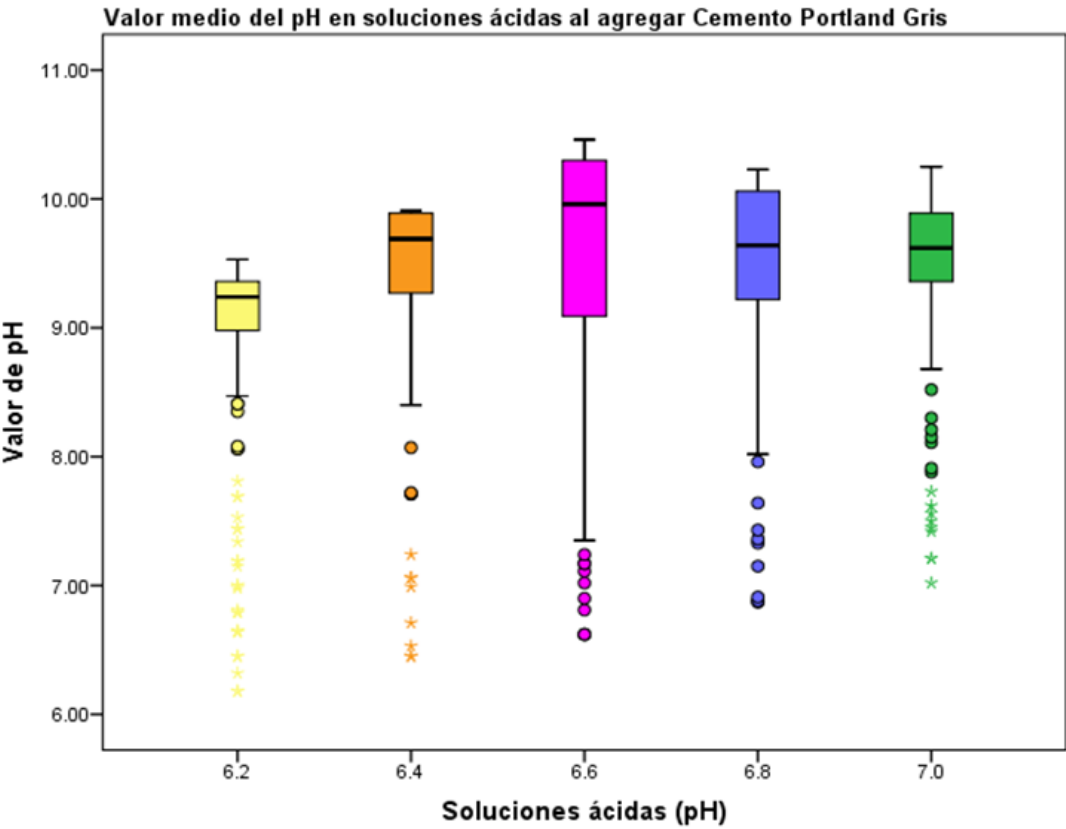
Gráfica 50.-Valores de pH de las disoluciones ácidas con Cemento Blanco.

La gráfica 51 Muestra la distribución de los cambios de pH en las disoluciones ácidas al agregar MTA Gris. Las líneas horizontales de las cajas representan el valor de la mediana en cada uno de los grupos. En esta gráfica las cajas representan que en los pH 6.2 y 6.4 fueron los que obtuvieron los valores más altos cercano al valor de 11; mientras que los grupos de pH 6.8 y 7.0 tienen una distribución de la mediana cercana al valor de 10; en la caja del pH 6.6 tiene una mediana ligeramente menor por lo cual esta es la caja de distribución menor en el MTA Gris.



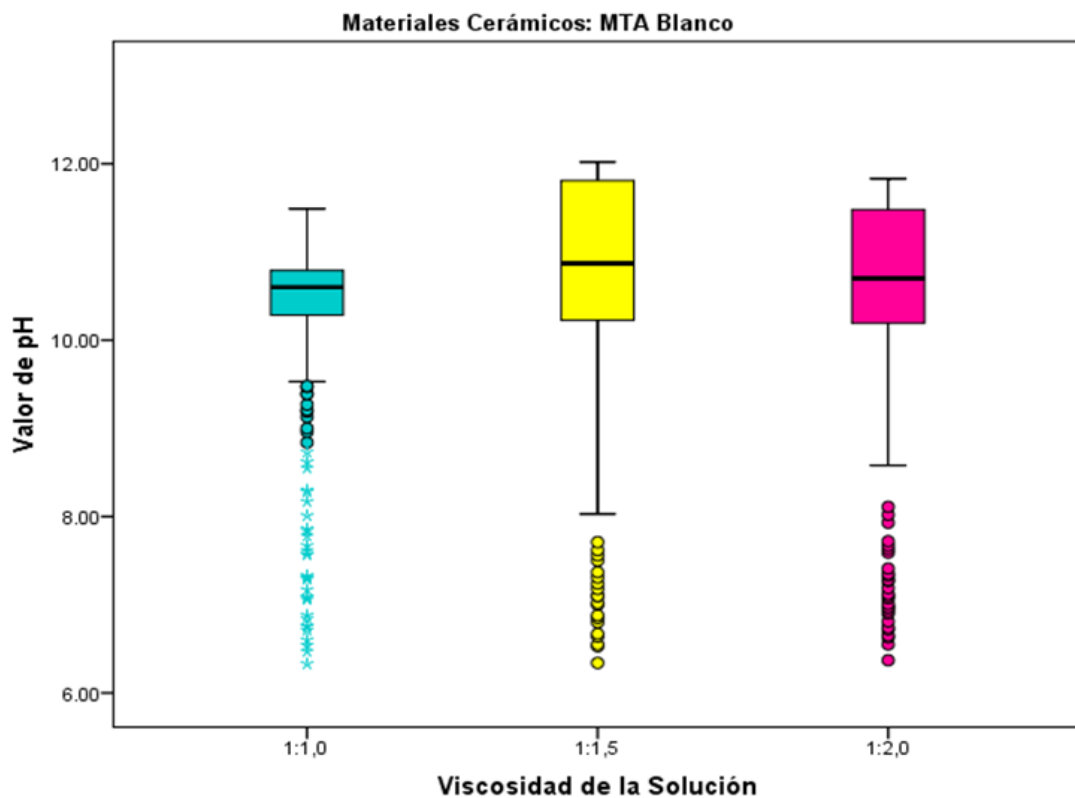
Gráfica 51.-Valores de pH de las disoluciones ácidas con MTA Gris.

La gráfica 52 representa los cambios en la distribución de pH en las disoluciones ácidas al agregar Cemento Portland. Las cajas muestran líneas horizontales que dan el valor de la mediana en cada uno de los grupos. Las cajas de la gráfica muestran que en todos los pH se mantienen en un rango entre 9 y 10, sin embargo la distribución de la mediana del pH 6.6 tiene un valor más alto cercano al 10; los grupos de pH 6.4, 6.8 y 7.0 la distribución de la mediana tiene valores menores al pH 6.6; en la caja del valor de pH 6.2 la mediana es menor teniendo un valor cercano a 9, por lo cual en comparación de los demás grupos de pH esta caja es la menor en la distribución del Cemento Gris.



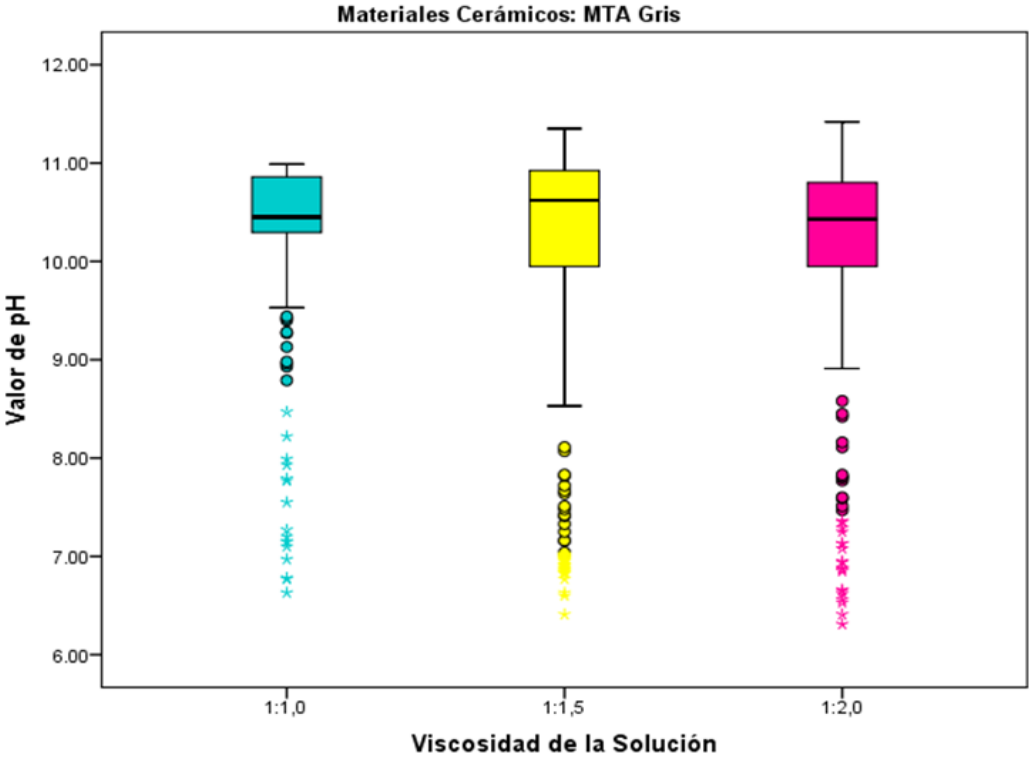
Gráfica 52.- Valores de pH de las disoluciones ácidas con Cemento Portland Gris.

La gráfica 53 representa la distribución de los valores de la viscosidad a diferentes concentraciones ácidas al agregar MTA Blanco. Las líneas horizontales, en el interior de las cajas, representan el valor de la mediana de cada una de las viscosidades. La gráfica muestra que los valores de la mediana se mantienen en un rango de pH entre 10 y 12; el valor más alto en la viscosidad fue el de 1:1.5 llegando a un pH de 12; las viscosidades 1:1.0 y 1:2.0 se encuentran en un valor cercano de pH, 10 por lo cual ambas cajas de distribución son menores en el MTA Blanco.



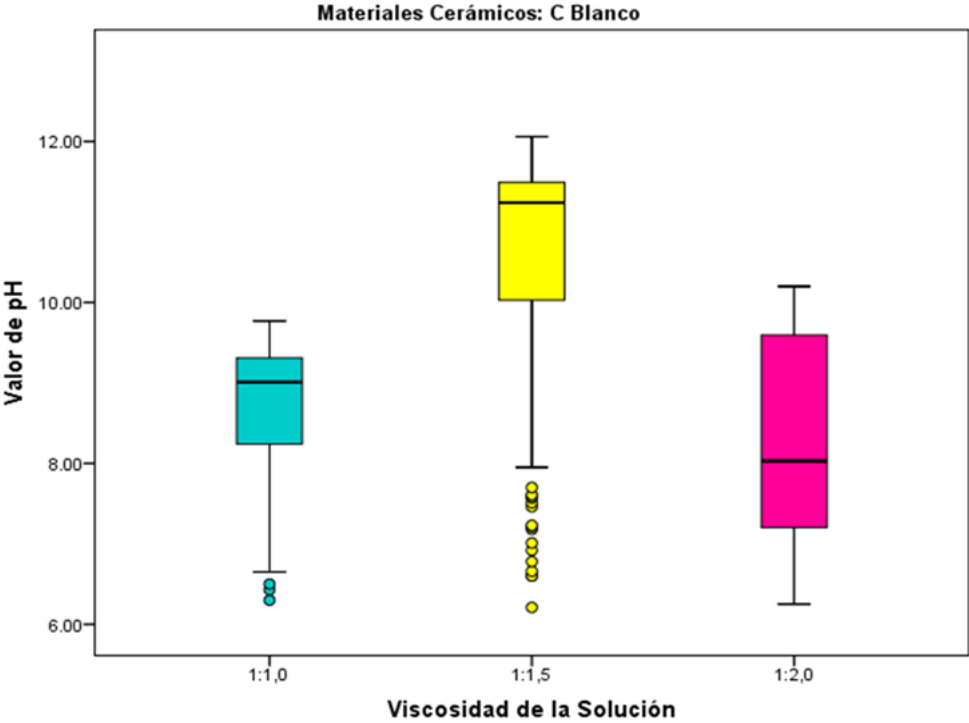
Gráfica 53.- Valores de viscosidad al agregar MTA Blanco.

La gráfica 54 muestra la distribución de los valores de la viscosidad a diferentes concentraciones ácidas al agregar MTA Gris. Las líneas horizontales de las cajas representan el valor de la mediana en cada una de las viscosidades. Los valores de la gráfica muestran que la distribución de la mediana se encuentra en un rango de pH entre 10 y 11; el valor más alto de la viscosidad es 1:1.5 con un pH cercano a 11 y en los valores bajos de la distribución de la media en el MTA Gris se encuentran las viscosidades 1:1.0 y 1:2.0 con un pH cercano a 10.



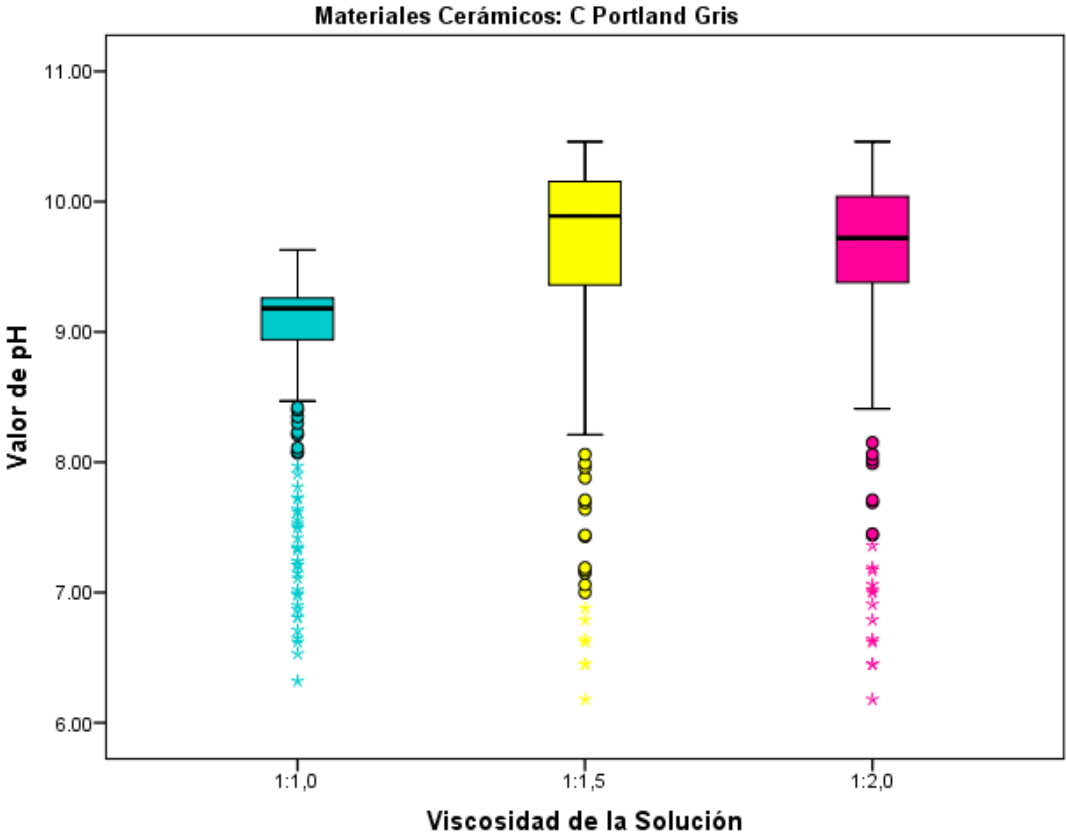
Gráfica 54.- Valores de viscosidad al agregar MTA Gris.

En la gráfica 55 muestra la distribución de los valores de la viscosidad a diferentes concentraciones ácidas al agregar de Cemento Blanco. Los valores de distribución de la mediana están representados por líneas horizontales en cada una de las diferentes cajas. La distribución de la media muestra que los valores se encuentran entre un rango de pH 8 a 12; mostrando que el valor más alto es de la viscosidad 1:1.5 con un pH cercano a 12, mientras que la distribución de la media de la viscosidad de 1:1.0 se encuentra cercano a 10 y la viscosidad de 1:2.0 tiene un pH de 8 lo que nos indica que esta caja es la menor en la distribución de la mediana en el Cemento Blanco.



Gráfica 55.- Valores de la viscosidad al agregar Cemento Blanco

En gráfica 56 se observa la distribución de los valores de la viscosidad a diferentes concentraciones. Las cajas muestran los valores de la mediana con unas líneas horizontales en cada una de las diferentes viscosidades. Los valores de la distribución de la mediana se encuentran en un rango de pH de 9 a 11; donde los valores más altos de la mediana es de la viscosidad 1:1.5 y 1:2.0 llegando a un pH de 10 y en la caja de viscosidad 1:1.0 la distribución de la mediana se encuentra por debajo teniendo un pH cercano a 9 por lo cual esta es la caja con menor valor al agregar el Cemento Portland Gris.



Gráfica 56.- Valores de la viscosidad al agregar Cemento Portland Gris.

En la tabla 17 se encuentran los valores estadísticos (media y desviación estándar) de los materiales cerámicos MTA Blanco y MTA Gris en los diferentes pH. En el MTA Blanco el valor estadístico más alto de la media ($\bar{x}=11.0390$) se encuentra en el pH 6.4 y una desviación estándar $\pm (1.39706)$. Mientras que en el MTA Gris valor mayor de la media ($\bar{x}=10.6626$) se encuentra en el pH de 6.4 y una desviación estándar de (± 1.09527) siendo este el más alto de los diferentes pH en el MTA Gris.

Materiales Cerámicos	pH	Estadístico	Valor	Error estándar
MTA Angelus® Blanco	6.2	Media	10.7428	0.11627
		D.E.	1.49345	
	6.4	Media	11.039	0.10876
		D.E.	1.39706	
	6.6	Media	9.6433	0.08973
D.E.		1.15263		
6.8	Media	10.408	0.06787	
7	D.E.	0.87176		
MTA Angelus® Gris	6.2	Media	10.447	0.09448
		D.E.	1.21364	
	6.4	Media	10.6626	0.08527
		D.E.	1.09527	
	6.6	Media	9.6397	0.09179
D.E.		1.1791		
6.8	Media	9.9359	0.08596	
	D.E.	1.10418		
7	Media	10.1586	0.06543	
		D.E.	0.84044	

Tabla 17.- Valores de media y desviación estándar en MTA Blanco y MTA Gris en los diferentes pH.

La tabla 18 representa los valores de la media y desviación estándar en los materiales cerámicos de Cemento Blanco y Cemento Portland Gris en los diferentes pH, mostrando que en el Cemento Blanco el valor mayor estadístico de la media ($\bar{x}=9.6305$) está en el pH de 6.6 y una desviación estándar de (± 1.40294) mientras que el Cemento Portland Gris el valor mayor estadístico de la media ($\bar{x}=9.5592$) en un pH 6.6 y una desviación estándar de ± 0.97816 .

Materiales Cerámicos	pH	Estadístico	Valor	Error estándar
C. Blanco	6.2	Media	9.1664	0.13377
		D.E.	1.71826	
	6.4	Media	9.0176	0.13953
		D.E.	1.79231	
	6.6	Media	9.6305	0.10922
D.E.		1.40294		
6.8	Media	8.9273	0.07296	
7	D.E.	0.3715		
C. Portland Gris	6.2	Media	8.8963	0.06695
		D.E.	0.86000	
	6.4	Media	9.3961	0.05723
		D.E.	0.73508	
	6.6	Media	9.5592	0.07615
		D.E.	0.97816	
	6.8	Media	9.4878	0.05589
		D.E.	0.71789	
	7	Media	9.4813	0.05296
		D.E.	0.68032	

Tabla 18.- valores de media y desviación estándar de Cemento blanco y Cemento Portland Gris en los diferentes pH.

En el programa SPSS V.24 (IBM, USA) se determinaron las asociaciones estadísticas entre los grupos. El análisis de varianza se utilizó para determinar las diferencias entre los grupos, en la tabla 19 se encuentran los resultados de la aplicación de la prueba estadística por cada uno de los materiales probados. Es importante señalar que la prueba analizó la diferencia intergrupala a un nivel de confianza $<0,05$.

ANOVA						
Materiales Cerámicos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
MTA Blanco	Entre Grupos	21.496	2	10.748	6.774	0.001
	Dentro de grupos	1304.232	822	1.587		
	Total	1325.728	824			
MTA Gris	Entre Grupos	8.353	2	4.176	3.173	0.042
	Dentro de grupos	1081.899	822	1.316		
	Total	1090.252	824			
C. Blanco	Entre Grupos	875.806	2	437.903	378.044	0.000
	Dentro de grupos	95.153	822	1.15		
	Total	1827.959	824			
C. Portland Gris	Entre Grupos	81.28	2	40644	67.725	0.000
	Dentro de grupos	493.306	822	0.6		
	Total	574.594	824			

Tabla 19.-Análisis de varianza de los compuestos cerámicos.

Una vez determinadas las asociaciones estadísticas se procedió a determinar las diferencias entre los distintos grupos, por lo cual se aplicó la prueba DHS de Tukey (Diferencia Significativa $p<0.05$). Los resultados de la prueba se encuentran en la tabla 20, en ella se aprecia que al considerar la viscosidad como factor de comparación, se encontró que el MTA Blanco era estadísticamente diferente al comparar la viscosidad de 1:1.0 y 1:1.5, mientras que no hubo con la de 1:2.0, esto significa que a baja viscosidad (menor contenido de CMC) el MTA Blanco tendrá mayor cambio en el pH. Esta misma situación ocurrió al analizar los datos registrados para el MTA Gris.

En la comparación de las medias de pH obtenidas en el Cemento Blanco (Tabla 20), se encontraron diferencias significativas entre todas viscosidades ($p<0.05$), esto

representa que la cinética de reacción fue diferente y que la viscosidad de la solución puede determinar un comportamiento distinto para este compuesto. En el Cemento Portland Gris, se encontraron asociaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$) al comparar las disoluciones con viscosidad 1:1.0 con las desviación estándar y no pudo establecerse al comparar las disoluciones con viscosidad 1:1.5 y 1:2.0.

Comparaciones múltiples Valor de pH							
Materiales Cerámicos			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Confianza	
						Limite inferior	Limite Superior
MTA Blanco	1:1,0	1:1,5	-0.39444*	0.10742	0.001	-0.6467	-0.1422
		1:2,0	-0.1342	0.10742	0.24	-0.4256	0.0788
	1:1,5	1:1,0	.39444*	0.10742	0.001	-0.1422	0.6467
		1:2,0	0.22102	0.10742	0.099	-0.0312	0.4732
	1:2,0	1:1,0	0.17342	0.10742	0.24	-0.0788	0.4256
		1:1,5	-0.22102	0.10742	0.099	-0.4732	0.0312
MTA Gris	1:1,0	1:1,5	.23699*	0.09784	0.041	0.0073	0.4667
		1:2,0	0.17713	0.09784	0.167	-0.0526	0.4069
	1:1,5	1:1,0	-0.23699*	0.09784	0.041	-0.4667	-0.0073
		1:2,0	-0.05985	0.09784	0.814	-0.2896	0.1699
	1:2,0	1:1,0	-0.17713	0.09784	0.167	-0.4069	0.0526
		1:1,5	0.05985	0.09784	0.814	-0.1699	0.2896
C. Blanco	1:1,0	1:1,5	-1.99236*	0.09178	0.000	-2.2079	-1.7769
		1:2,0	0.34545*	0.09178	0.001	0.1299	0.561
	1:1,5	1:1,0	1.99236*	0.09178	0.000	1.7769	2.2079
		1:1,5	2.33782*	0.09178	0.000	2.1223	2.5533
	1:2,0	1:1,0	-0.34545*	0.09178	0.001	-0.561	-1.299
		1:1,5	-2.33782*	0.09178	0.000	-2.5533	-2.1223
C. Portland Gris	1:1,0	1:1,5	-0.69524*	0.06606	0.000	-0.8504	-0.5401
		1:2,0	-0.632	0.06606	0.000	-0.7871	-0.4769
	1:1,5	1:1,0	.69524*	0.06606	0.000	0.5401	0.8504
		1:1,5	0.06324	0.06606	0.604	-0.0919	0.2184
	1:2,0	1:1,0	.63200*	0.06606	0.000	0.4769	0.7871
		1:1,5	-0.6324	0.06606	0.604	-0.2184	0.0919

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Tabla 20.- Análisis de Tukey de la cinética de reacción de los materiales cerámicos en las distintas viscosidades.

Discusión

El tratamiento de condiciones infecciosas agudas requiere del empleo de procedimientos y materiales que tengan un efecto específico, este es el caso de los materiales cerámicos que tienen un pH alcalino⁵⁰⁻⁵². Sin embargo, en la literatura se describen las características de los materiales, pero no de la interacción en particular que tienen sobre el pH del ambiente del proceso infeccioso⁵³⁻⁵⁷. En este trabajo se determinaron los cambios en el pH producidos por los compuestos alcalinos usados en endodoncia. El valor del pH en el exudado purulento no está bien establecido en la literatura⁵¹, Nekoofar reportó en un estudio de pacientes con absceso periapical agudo e inflamación asociada se registraron valores del pus aspirado en el rango de pH 6.68 ± 0.32 ⁵⁸. Con este argumento se prepararon disoluciones ácidas con pH con valor de 6.2 e incrementos de 0.2 unidades hasta llegar al 7.0, con la finalidad de simular las condiciones de acidez presentes en los procesos infecciosos. Para complementar las características del exudado purulento se prepararon disoluciones con viscosidad variable, esto es relevante cuando se considera la viscosidad en relación a la variación del pH, ya que en la viscosidad 1:1.0 se observaron valores mayores de pH en el MTA Blanco y Gris en una solución ácida con pH 6.2, lo cual puede explicarse porque la viscosidad de una solución se encuentra determinada por el contenido de elementos que contiene⁵⁹. De manera que el menor contenido de carboximetil celulosa disminuye su viscosidad y la interacción con los materiales a un pH ácido produce una cinética mayor de amortiguamiento⁵⁹, lo cual se vio reflejado en que los mayores valores finales de reacción se obtuvieron en las disoluciones de pH 6.2. Por otro lado, en los materiales cerámicos de uso industrial se observó una mayor reacción en la viscosidad 1:1.0 en disoluciones con pH 6.2, mientras que en la viscosidad 1:1.20 se obtuvo una mayor reacción en la solución ácida 6.6, esto puede deberse a que la posibilidad de disociación del compuesto cerámico es menor y por tanto el cambio en el pH será más lento^{52,60,61}.

El desequilibrio del pH en el medio ambiente donde se desarrollan las bacterias, presentan variaciones extremas de pH y esto requiere una regulación metabólica y parámetros ambientales de crecimiento como los acidófilos (pH 1-5.5), neutrófilo (pH 5.5-8.5) y alcalófilas (pH 7.5-11.5)⁶². Este comportamiento es una variable que no se ha estudiado mucho, aunque se sabe que la pus (líquido grueso, opaco de color amarillento a verde), está constituido por bacterias que producen subproductos como leucocitos, neutrófilos y plasma, en este ambiente el pH se encuentra en un rango de 3.5 – 4.5³⁸. Debido al comportamiento bacteriano de sobrevivir y crecer en condiciones ácidas y alcalinas; se simuló las condiciones al preparar disoluciones ácidas y se ajustaron a los diferentes pH con intervalos de 0.02 de valor, iniciando con pH 6.2 hasta pH 7.0. El modelo experimental utilizado para determinar el efecto en el pH de disoluciones ácidas consideró la colocación de compuestos alcalinos en sistemas mantenidos en agitación continua, de manera que se agregaron cantidades específicas de MTA Blanco, MTA Gris, Cemento Portland (CP) y Cemento Blanco (CB). En la literatura se han estudiado estos materiales y concluyen que no favorecen el crecimiento bacteriano ya que presentan un pH con alta alcalinidad³⁴.

Las mediciones del pH se obtuvieron con un potenciómetro que se calibró en pH 7.1, tomando los valores en intervalos de 10 minutos durante un lapso de 9 horas y un último valor a 24 horas, este rango de tiempo fue considerado porque en la clínica se recomienda hacer cambios de medicación intraconducto con bases empíricas que pueden variar en días o semanas, todo en función de la existencia de un proceso infeccioso agudo y proliferativo⁶³. De acuerdo a los resultados podemos decir que existen diferencias significativas en las reacciones en un lapso de 9 horas, en el MTA Blanco y el MTA Gris en sus primeras horas alcanzaban más del 70% de su reacción, mientras que en el Cemento Blanco y Cemento Portland alcanzan hasta un 50% de su reacción, en las primeras horas mantienen una estabilidad, sin embargo en la última medición a 24h, en la mayoría de los compuestos y en las diferentes viscosidades de las disoluciones ácidas, mostraron un aumento en su pH.

Es importante mencionar que no fue posible encontrar referencias que describan las curvas de cambio de pH en disoluciones ácidas.

El MTA es un material de uso odontológico que por sus características se le han encontrado aplicaciones clínicas ya que este cemento tiene un alto grado de biocompatibilidad, baja solubilidad y el material adquiere una estructura de gel coloidal que fragua en un tiempo promedio de 3h a 4h y se puede dar en un ambiente húmedo, debido a que es hidrofóbico, su pH es altamente alcalino (10.1) y puede llegar hasta 12.5, teniendo un potencial antibacteriano ³. Debido a sus propiedades, este material es utilizado en las diversas áreas odontológicas (Endodoncia, Periodoncia, Cirugía Maxilofacial, Odontopediatria)^{1,6} como una parte importante en diferentes procedimientos, por ejemplo, en pulpas vitales, apexificaciones, reparación de conducto radicular, retroobturaciones y reparación de defectos de reabsorción, en lesiones e infecciones periapicales. Sin embargo, nuevas investigaciones han determinado que el MTA tiene componentes similares al Cemento Portland hasta en un 75 % ^{5,34}, excepto por el BiO₂ que proporciona la radiopacidad del material⁶⁴; ambos tienen la misma manipulación, fraguado y endurecimiento al reaccionar químicamente con agua, también es altamente alcalino con pH 10. El Cemento Portland fue diseñado por Joseph Aspdin en 1824, usado en el medio industrial, de fácil adquisición y económico³³. Ambos materiales tienen la característica de ser antibacterianos y de presentar tolerancia al contacto con el tejido conectivo⁶⁵.

En un proceso patológico la acción de las bacterias genera subproductos que se originan con la lisis de las células de defensas ^{38,47}. Esta reacción está determinada por la virulencia de los microorganismos así como las condiciones del huésped.⁶⁶ En la literatura se refiere que el pH de las infecciones es ácido, sin embargo también es un hecho que coexisten bacterias acidófilas en ambientes de pH muy bajos⁶⁷. El modelo experimental probado en este trabajo tiene una dinámica de una solución con pH estático ajustado a diferentes valores, sin embargo en los procesos de enfermedad la respuesta a los agentes agresores es la generación constante de

pus, por lo tanto el pH varía de manera dinámica^{38,44,68}. Este último punto es importante porque requiere de mayor estudio futuro.

La permanencia y severidad de las infecciones en los tejidos periradiculares dependen de la destrucción tisular, la virulencia bacteriana y el pH⁴³. En condiciones normales se encuentra en un ambiente ácido, sin embargo el valor exacto del medio infeccioso no ha sido bien documentado³⁸. El papel del ambiente ácido favorece a la actividad microbiana, para determinar el efecto en disoluciones ácidas en esta investigación se emplearon disoluciones a diferentes pH que fueron de 6.2, 6.4, 6.6, 6.8 y 7.0. Por otro lado, es conocido que en condiciones de ambiente ácido en los tejidos se recomienda el uso de materiales con pH alcalino, con la finalidad de “neutralizar” el ambiente de infección^{43,69-71}. Entre los materiales probados se pueden comparar los resultados de esta investigación con los encontrados con el MTA gris y blanco, sin embargo no se encontró en la literatura un reporte que considerará diferentes ambientes ácidos, como se hizo en esta investigación.

Existen reportes que mencionan la reacción de los materiales biocerámicos (MTAB, MTAG) y cerámicos (CP, CPB), los cuales tienen la propiedad de ser antimicrobianos porque ayudan al control de la actividad enzimática bacteriana, a través de la liberación de iones hidroxilos que alteraran la integridad de la membrana, dependiendo del tiempo en el cual éste se encuentre en contacto⁶⁹. Con este fundamento, en este estudio se analizaron las reacciones en intervalos de 10 min en un tiempo de 9 horas, en el cual se observó que las disoluciones ácidas con pH 6.2 y 6.4 mostraban una mayor velocidad de reacción y alcanzaban una estabilidad en un tiempo menor; también se analizó un último valor a 24 horas, en el cual se observa que después de mantener una estabilidad el material sigue teniendo actividad, y en algunos casos se tenían incrementos en la reacción, llegando a valores por arriba del pH 12. Estudios han demostrado que a un pH 11.5 o mayor las bacterias no pueden sobrevivir^{31,46}, por lo cual al tener una reacción con pH 12 ayuda a inhibir la actividad de las bacterias.

En esta investigación conforme a los valores obtenidos de la cinética de reacción del MTA Gris, MTA Blanco, el Cemento Portland y Cemento Blanco, las gráficas arrojan un sistema unidireccional ya que en el análisis de la curva se observa como empieza la reacción dando cambios importantes y posteriormente alcanzando una estabilidad en las primeras horas, en la mayoría de los compuestos.

Conclusiones

La cinética de reacción fue mayor en los materiales biocerámicos comerciales de MTA, de 110 a 150 minutos. Aunque el Cemento Portland también obtuvo una reacción similar a los biocerámicos, mientras que el Cemento Blanco tuvo una reacción más lenta alcanzando su punto de equilibrio a los 180 minutos.

En los ambientes ácidos simulados, los biocerámicos y el Cemento Blanco tienen mayor reacción en disoluciones ácidas como 6.2 y 6.4, mientras que el Cemento Portland Gris alcanzó mayor cambio en la solución ácida con pH 6.6.

En la medición a 24 horas, los materiales MTA_b, MTA_g y CP tuvieron valores alcalinos de pH en un rango de 10 a 12. De acuerdo a la literatura, estos materiales inhiben la actividad bacteriana.

Referencias

1. Rodríguez P, Bolaños V. Propiedades y Usos en Odontopediatria del MTA (Agregado de Trióxido Mineral). February 27, 2018.
2. Jingzhi M, Shen Y, Stojicic S, Haapasalo M. Biocompatibility of two novel root repair materials. *J Endod.* 2011;37(6):793-798. 3.
3. Olguín M, Izchel J, Jiménez R, et al. Revista Tamé Indicaciones de agregado de trióxido mineral en odontopediatria. 2016;4(12):436-442.
4. Ha WN, Nicholson T, Kahler B, Walsh LJ. Mineral Trioxide Aggregate—A Review of Properties and Testing Methodologies. *Materials (Basel).* 2017;10(11):1261.
5. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *J Endod.* 2010;36(1):16-27.
6. Chanple A, Herrero L. Generalidades Del Agregado De Trióxido Mineral (Mta) Y Su Aplicación En Odontología: Revisión De La Literatura. *Acta Odontológica Venez.* 2007;45(3):8.
7. Brasil K, Franceschi C De, Santangelo M. Uso del Pro Root TM MTA en perforaciones dentarias. *Rev la Fac Odontol.* 2009;24:27-36.
8. Bogen G, Kim JS, Bakland LK. Direct Pulp Capping With Mineral Trioxide Aggregate. *J Am Dent Assoc.* 2008;139(3):305-315. 9.
9. Daniele L. Incappucciamento diretto della polpa con Mineral Trioxide Aggregate: risultati clinici a 10 anni. *G Ital Endod.* 2017;31(1):48-57.
10. Shabahang S. Treatment Options : Apexogenesis and Apexification. *J Endod.* 2013;39(3):S26-S29.
11. Duggal M, Tong HJ, Al-Ansary M, Twati W, Day PF, Nazzal H. Interventions for the endodontic management of non-vital traumatised immature permanent anterior teeth in children and adolescents: a systematic review of the evidence and guidelines of the European Academy of Paediatric Dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2017;18(3):139-151.
12. Siew K, Lee AH, Cheung GS. Treatment Outcome of Repaired Root Perforation: A Systematic Review and Meta-analysis. 2015.
13. Pontius V, Pontius O, Braun A, Frankenberger R, Roggendorf MJ. Retrospective Evaluation of Perforation Repairs in 6 Private Practices. *J Endod.* 2013;39(11):1346-1358.

14. Holland R, Bisco Ferreira L, de Souza V, Otoboni Filho JA, Murata SS, Dezan E. Reaction of the Lateral Periodontium of Dogs' Teeth to Contaminated and Noncontaminated Perforations Filled with Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 2007;33(10):1192-1197.
15. Mente J, Leo M, Panagidis D, Saure D, Pfefferle T. Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate: Repair of Root Perforations—Long-term Results. *J Endod.* 2014;40(6):790-796.
16. Ulusoy Öİ, Paltun YN. Fracture resistance of roots with simulated internal resorption defects and obturated using different hybrid techniques. *J Dent Sci.* 2017;12(2):121-125.
17. Brito-Júnior M, Quintino AFC, Camilo CC, Normanha JA, Faria-e-Silva AL. Nonsurgical endodontic management using MTA for perforative defect of internal root resorption: report of a long term follow-up. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2010;110(6):784-788.
18. Cisneros A, García R, Perea L. Evaluación de la microfiltración bacteriana en obturaciones retrógradas con MTA, súper EBA, amalgama y cemento Portland en dientes extraídos. *Diciembre.* 2006;10(4):157-161.
19. Pineda Mejía ME, Salcedo Moncada D, Castro Rodríguez A, et al. Filtración del enterococcus faecalis en obturaciones retrógradas con MTA amalgama de plata e ionómero de vidrio. *Odontol Sanmarquina.* 2014;11(1):10.
20. Nóbrega LMM, Montagner F, Ribeiro AC, Mayer MAP, Gomes BPFA. Molecular Identification of Cultivable Bacteria From Infected Root Canals Associated With Acute Apical Abscess.
21. Shama SA. Periapical abscess of the maxillary teeth and its fistulizations: Multi-detector CT study. *Alexandria J Med.* 2013;49(3):273-279.
22. Shin JM, Luo T, Lee KH, et al. Deciphering Endodontic Microbial Communities by Next-generation Sequencing. *J Endod.* 2018;44(7):1080-1087.
23. Narayanan LL, Vaishnavi C. Endodontic microbiology. *J Conserv Dent.* 2010;13(4):233-239.
24. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review1. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94(6):658-666.
25. Moffatt C, Hollander D, Romanelli M, Jones J. *Identificación de Los Criterios de Infección En Heridas.*; 2005.

26. Robles Raya P, Javierre Miranda AP, Moreno Millán N, Mas Casals A, de Frutos Echániz E, Morató Agustí ML. Manejo de las infecciones odontogénicas en las consultas de atención primaria: ¿antibiótico? *Atención Primaria*. 2017;49(10):611-618.
27. Heasman PA. An endodontic conundrum: the association between pulpal infection and periodontal disease. *Bdj*. 2014;216(6):275-279.
28. Attia DA, Farag AM, Afifi IK, Darrag AM. Antimicrobial effect of different intracanal medications on various microorganisms. *Tanta Dent J*. 2015;12(1):41-47.
29. Kuriyama T, Karasawa T, Nakagawa K, et al. Bacteriologic features and antimicrobial susceptibility in isolates from orofacial odontogenic infections (Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000;90:600-8). 2000.
30. Barnes JJ, Patel S. Contemporary endodontics – part 1. *Bdj*. 2011;211(10):463-468.
31. Peciuliene V, Maneliene R, Balcikonyte E, Drukteinis S, Rutkunas V. Microorganisms in root canal infections: a review. *Stomatologija*. 2008;10(1):4-9.
32. Sahli CC, Pumarola Suñé J, Jimeno EB. *Actualización En Endodoncia 2006**. Vol 25.; 2007.
33. Aguilar Calderón A. Cemento Portland. Fabricación, Propiedades y Empleo. Insituto Mexicano del Cemento. <http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Historia del Cemento-Concreto/4 Cemento Portland fabricacion propiedades y empleo.pdf>. Accessed April 12, 2018.
34. Rivera G, Arróniz S, Llamosas E. Estudio compativo de la filtración a nivel del tercio cervical utilizando MTA, cemento Portland y fosfato de zinc como selladores. *Oral*. 2007;9:419-425.
35. Cemex. Ficha Técnica de Cemento CPC 30 R. 2017. www.cemexmexico.com. Accessed May 11, 2018.
36. Holcim. Cemento Blanco Holcim CPC 30 R B. www.holcim.com.mx. Accessed May 11, 2018.
37. Cemex. Cemento Blanco Cemex. <https://www.cemexmexico.com/documents/27057941/45887874/ficha-digital-cemento-blanco.pdf/0de8e395-d19f-8dee-ddc0-5ad5d7b15adf>. Accessed May 11, 2018.

38. Nekoofar MH, Namazikhah MS, Sheykhrezae MS, et al. PH of pus collected from periapical abscesses. *Int Endod J*. 2009;42(6):534-538.
39. Mansilla C. Potencial de Hidrogeniones- pH. *Rev Actual Clínica*. 2013;40:2076-2082.
40. Tabla escala pH alcalino acido-neutro. <https://www.farmaciatorrent.com/blog/salud-bienestar/el-ph-y-su-relacion-con-la-salud/attachment/tabla-escala-ph-alkalino-acido-neutro/>. Accessed August 29, 2018.
41. Nelson DL, Cox MM. *Lehninger Principios de Bioquímica*. 6ª. Mexico DF: Omega; 2014.
42. The Molecular Basis of pH Sensing, Signaling, and Homeostasis in Fungi. 2012;79:1-18.
43. The Effects of pH on Microbial Growth | Microbiology. <https://courses.lumenlearning.com/microbiology/chapter/the-effects-of-ph-on-microbial-growth/>. Accessed August 28, 2018.
44. Padan E, Bibi E, Ito M, Krulwich TA. Alkaline pH homeostasis in bacteria: new insights. *Biochim Biophys Acta*. 2005;1717(2):67-88. 45.
45. Altare L. Reparación apical y periapical post-tratamiento endodóntico. *J Endod*. 2010;2:433-461.
46. Rodríguez-Niklitschek C, Oporto V GH. Implicaciones clínicas de la contaminación microbiana por *Enterococcus faecalis* en conductos radiculares de dientes desvitalizados: Revisión de la literatura. *Rev Odontológica Mex*. 2015;19(3):181-186.
47. Salinas J. Yuni, Millán E. Roldan LMJ c. The Periodontal Abscess. 2008.
48. Correa CP, García LB, del Río EP, Caballero AD. Correlación en el diagnóstico clínico, radiográfico e histológico de lesiones apicales dentales. *Rev Odontológica Mex*. 2017;21(1):22-29. doi:10.1016/j.rodex.2017.01.004
49. Yuni J. Salinas M, Ronald E. Millán I JCL. Abscesos del Periodonto. *Conducta Odontológica*. 2008:1-23.
50. Basavraj S. Nagoba, PhD; Namdev M. Suryawanshi, MD; Bharat Wadher PSS. Acidic Environment and Wound Healing: A Review. *Wiley Interdiscip Rev Nanomedicine Nanobiotechnology*. 2015;27(1):5-11.
51. Kuriyama T, Karasawa T, Nakagawa K, Saiki Y, Yamamoto E, Nakamura S. Bacteriologic features and antimicrobial susceptibility in isolates from orofacial odontogenic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*.

2000;90(5):600-608.

52. Dimitrova-Nakov S, Uzunoglu E, Ardila-Osorio H, et al. In vitro bioactivity of Bioroot™ RCS, via A4 mouse pulpal stem cells. *Dent Mater.* 2015;31(11):1290-1297.
53. Marciano MA, Hungaro Duarte MA, Camilleri J. ScienceDirect Calcium silicate-based sealers: Assessment of physicochemical properties, porosity and hydration. *Dent Mater.* 2016;32:e30-e40.
54. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of Tricalcium Silicate Sealers. *J Endod.* 2016;42(10):1529-1535. doi:10.1016/j.joen.2016.06.002
55. Lee E. A New Mineral Trioxide Aggregate Root-End Filling Technique. *J Endod.* 2000;26(12):764-765.
56. Ha W, Kahler B, Walsh LJ. Classification and Nomenclature of Commercial Hygroscopic Dental Cements. *Eur Endod J.* 2017;2(1):27-27.
57. Willershausen I, Wolf T, Kasaj A, Weyer V, Willershausen B, Marroquin BB. Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. *Arch Oral Biol.* 2013;58(9):1232-1237.
58. Nekoofar MH, Aseeley Z, Dummer PMH. The effect of various mixing techniques on the surface microhardness of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2010;43(4):312-320.
59. Kosegarten-Conde CE, Jiménez-Munguía MT. *Factores Principales Que Intervienen En La Estabilidad de Una Emulsión Doble.* Vol 6.; 2012. <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Kosegarten-Conde-et-al-2012.pdf>. Accessed September 4, 2018.
60. Gandolfi MG, Siboni F, Primus CM, Prati C. Ion release, porosity, solubility, and bioactivity of MTA plus tricalcium silicate. *J Endod.* 2014;40(10):1632-1637.
61. Camilleri J, Sorrentino F, Damidot D. Investigation of the hydration and bioactivity of radiopacified tricalcium silicate cement, Biodentine and MTA Angelus. 2013:580-593.
62. Lumen. The Effects of pH on Microbial Growth | Microbiology. Courses.lumenlearning.com. <https://courses.lumenlearning.com/microbiology/chapter/the-effects-of-ph-on-microbial-growth/>. Accessed August 29, 2018.
63. Zancan RF, Vivan RR, Milanda Lopes MR, et al. Antimicrobial Activity and Physicochemical Properties of Calcium Hydroxide Pastes Used as Intracanal Medication. *J Endod.* 2016.

64. Rodríguez A, Hernández G, Gracia M, Gracia R. Análisis fisicoquímico del MTA Angelus® y Biodentine® mediante difracción de rayos X, espectrometría de energía dispersiva, fluorescencia de rayos X, microscopio electrónico de barrido y espectroscopía de rayos infrarrojos. *Rev Odontológica Mex.* 2015;19(3):174-180.
65. Pineda Mejía ME, Silva Infantes M, Salcedo Moncada D, et al. Uso clínico del agregado de trióxido mineral (MTA) en el tratamiento de lesiones periapicales y perforaciones radiculares. *Odontol Sanmarquina.* 2014;10(1):21.
66. Ruiz Camps I. Respuesta del huésped frente a la infección. *Medicine (Baltimore).* 2006.
67. Shweta SKP, Prakash SK. Dental abscess: A microbiological review. *Dent Res J (Isfahan).* 2013;10(5):585-591.
68. Elnaghy AM. Influence of Acidic Environment on Properties of Biodentine and White Mineral Trioxide Aggregate: A Comparative Study. *J Endod.* 2014;40(7):953-957.
69. Padan E, Bibi E, Ito M, Krulwich TA. Alkaline pH homeostasis in bacteria: New insights. *Biochim Biophys Acta - Biomembr.* 2005;1717(2):67-88.
70. Debelian G, Trope M. The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *G Ital Endod.* 2016;30(2):70-80.
71. Ahangari Z, Mojtahed Bidabadi M, Asnaashari M, Rahmati A, Tabatabaei FS. Comparison of the Antimicrobial Efficacy of Calcium Hydroxide and Photodynamic Therapy Against *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* in Teeth With Periapical Lesions; An In Vivo Study. *J Lasers Med Sci.* 2017;8(2):72-78.

Anexos

Tiempo(*10min)	MTA BLANCO 1:1.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.33	6.47	6.76	7.08	7.17
2	6.54	6.6	7.32	7.57	7.33
3	6.71	6.75	7.78	8.17	7.61
4	6.84	6.88	8.55	9.27	7.86
5	7.06	7.09	8.96	9.69	8.3
6	7.29	7.3	9.39	9.96	8.62
7	7.57	7.67	9.53	10.11	9
8	7.84	8.01	9.74	10.25	9.19
9	8.28	8.84	9.85	10.39	9.47
10	8.73	9.21	10	10.47	9.56
11	9.13	9.48	10.07	10.56	9.86
12	9.39	9.68	10.17	10.62	9.97
13	9.63	9.87	10.19	10.64	10.12
14	9.79	9.99	10.26	10.67	10.21
15	10.01	10.37	10.29	10.69	10.25
16	10.13	10.57	10.34	10.7	10.28
17	10.25	10.72	10.37	10.72	10.3
18	10.37	10.84	10.39	10.73	10.32
19	10.47	10.9	10.41	10.74	10.34
20	10.55	10.98	10.42	10.75	10.34
21	10.63	11.03	10.44	10.76	10.41
22	10.66	11.07	10.49	10.77	10.48
23	10.7	11.09	10.5	10.78	10.5
24	10.73	11.13	10.47	10.78	10.54
25	10.8	11.14	10.47	10.78	10.55
26	10.84	11.2	10.47	10.77	10.57
27	10.88	11.23	10.47	10.77	10.58
28	10.89	11.26	10.47	10.77	10.6
29	10.91	11.26	10.47	10.77	10.6
30	10.91	11.3	10.47	10.76	10.59
31	10.91	11.3	10.47	10.76	10.6
32	10.92	11.32	10.47	10.76	10.6
33	10.94	11.34	10.47	10.77	10.61
34	10.94	11.34	10.48	10.77	10.62
35	10.96	11.38	10.48	10.77	10.61
36	10.95	11.4	10.48	10.76	10.61
37	10.95	11.41	10.49	10.76	10.61
38	10.98	11.43	10.59	10.75	10.61
39	10.98	11.43	10.49	10.75	10.6
40	11.01	11.44	10.5	10.75	10.61
41	11.01	11.44	10.5	10.74	10.61
42	11.02	11.44	10.51	10.4	10.6
43	11	11.46	10.51	10.4	10.6
44	11	11.45	10.52	10.73	10.6
45	11	11.45	10.52	10.72	10.61
46	11.01	11.47	10.52	10.72	10.61
47	11.02	11.46	10.53	10.72	10.61
48	11.02	11.48	10.53	10.72	10.62
49	11.02	11.47	10.54	10.72	10.62
50	11.02	11.47	10.54	10.71	10.62
51	11.02	11.48	10.54	10.71	10.63
52	11.02	11.48	10.54	10.71	10.63
53	11.01	11.47	10.55	10.7	10.63
54	11.02	11.49	10.55	10.7	10.63
55	11.02	11.48	10.56	10.7	10.63
56	11.39	11.23	11.26	11.22	11.19
Promedio	10.06	10.41	10.11	10.41	10.09
Desvestandar	1.50	1.61	0.93	0.89	0.99
Mediana	10.89	11.23	10.47	10.72	10.59

Tabla 21.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Blanco a una viscosidad de 1:1.0

Tiempo(*10min)	MTA BLANCO 1:1.5				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.34	6.53	6.64	7	7.18
2	6.55	6.85	6.8	7.37	7.5
3	6.67	8.75	6.88	8.43	8.06
4	7.1	9.14	7.02	9.41	8.84
5	7.56	9.87	7.1	10	9.5
6	8.45	10.83	7.24	10.26	9.77
7	9.61	10.97	7.31	10.43	10.05
8	9.97	11.14	7.62	10.51	10.22
9	10.29	11.22	7.71	10.62	10.31
10	10.49	11.33	8.03	10.69	10.38
11	11.01	11.63	8.15	10.73	10.43
12	11.15	11.67	8.53	10.78	10.49
13	11.25	11.72	8.73	10.81	10.53
14	11.39	11.73	9.07	10.85	10.6
15	11.47	11.76	9.18	10.85	10.64
16	11.54	11.78	9.39	10.88	10.7
17	11.62	11.82	9.4	10.86	10.71
18	11.68	11.82	9.6	10.89	10.74
19	11.71	11.85	9.7	10.9	10.77
20	11.71	11.87	9.78	10.9	10.77
21	11.74	11.86	9.85	10.9	10.78
22	11.75	11.86	9.88	10.9	10.78
23	11.78	11.84	9.92	10.9	10.79
24	11.79	11.85	9.97	10.91	10.79
25	11.81	11.87	10.01	10.92	10.79
26	11.81	11.87	10.4	10.93	10.8
27	11.85	11.88	10.05	10.92	10.81
28	11.85	11.88	10.04	10.92	10.8
29	11.89	11.9	10.09	10.94	10.82
30	11.89	11.9	10.1	10.95	10.83
31	11.93	11.95	10.09	10.95	10.82
32	11.94	11.93	10.13	10.97	10.85
33	11.96	11.96	10.15	10.97	10.86
34	11.94	11.94	10.14	10.97	10.84
35	11.96	11.95	10.15	10.97	10.84
36	11.93	11.95	10.14	10.95	10.82
37	11.95	11.96	10.16	10.97	10.84
38	11.92	11.96	10.15	10.95	10.82
39	11.94	11.97	10.18	10.96	10.85
40	11.93	11.97	10.17	10.95	10.84
41	11.95	11.98	10.21	10.96	10.85
42	11.95	11.98	10.2	10.95	10.85
43	11.97	11.99	10.24	10.96	10.87
44	11.95	11.99	10.22	10.95	10.86
45	11.97	11.99	10.24	10.95	10.87
46	11.96	11.99	10.23	10.95	10.87
47	11.96	11.99	10.23	10.95	10.87
48	11.95	11.98	10.22	10.93	10.86
49	11.97	11.99	10.29	10.94	10.87
50	11.95	11.99	10.28	10.92	10.86
51	11.95	12	10.33	10.93	10.87
52	11.93	12	10.33	10.92	10.85
53	11.93	12.01	10.36	10.92	10.87
54	11.94	12.01	10.37	10.92	10.87
55	11.94	12.02	10.41	10.93	10.88
56	12	12.1	11.37	11.33	11.37
Promedio	11.09	11.42	9.43	10.60	10.45
Desvesta	1.65	1.32	1.23	0.94	0.92
Mediana	11.85	11.88	10.09	10.92	10.81

Tabla 22.- Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Blanco a una viscosidad de 1:1.5

Tiempo(*10 min)	MTA BLANCO 1:2.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.37	6.63	6.65	7.01	7.19
2	6.55	6.72	6.74	7.07	7.41
3	6.93	6.97	6.81	7.35	8.7
4	7.27	7.72	6.9	7.67	9.49
5	8.71	8.86	6.97	8.02	10.09
6	9.47	9.94	7.12	8.64	10.21
7	9.96	10.23	7.1	9.04	10.35
8	10.21	10.51	7.28	9.36	10.43
9	10.47	10.73	7.33	9.53	10.5
10	10.59	10.91	7.59	9.69	10.55
11	10.76	11.01	7.63	9.76	10.6
12	10.86	11.08	7.93	9.89	10.63
13	10.98	11.14	8.11	9.95	10.66
14	11.06	11.24	8.58	10.04	10.69
15	11.13	11.28	8.73	10.08	10.71
16	11.19	11.37	8.96	10.16	10.74
17	11.24	11.43	9.07	10.18	10.76
18	11.3	11.48	9.22	10.26	10.79
19	11.36	11.52	9.28	10.27	10.79
20	11.4	11.55	9.4	10.34	10.84
21	11.41	11.57	9.43	10.35	10.84
22	11.45	11.59	9.53	10.41	10.86
23	11.46	11.61	9.56	10.42	10.86
24	11.48	11.62	9.64	10.47	10.84
25	11.49	11.63	9.66	10.47	10.88
26	11.51	11.64	9.71	10.48	10.88
27	11.52	11.66	9.77	10.53	10.91
28	11.54	11.69	9.83	10.53	10.9
29	11.55	11.69	9.93	10.57	10.92
30	11.57	11.71	9.96	10.57	10.92
31	11.57	11.71	10.04	10.6	10.94
32	11.57	11.72	10.08	10.6	10.92
33	11.57	11.72	10.17	10.63	10.95
34	11.58	11.74	10.18	10.62	10.94
35	11.58	11.74	10.23	10.66	10.96
36	11.58	11.74	10.23	10.65	10.94
37	11.6	11.76	10.28	10.68	10.96
38	11.6	11.78	10.27	10.67	10.94
39	11.59	11.78	10.28	10.68	10.96
40	11.61	11.78	10.31	10.68	10.95
41	11.61	11.78	10.31	10.68	10.94
42	11.61	11.79	10.33	10.7	10.96
43	11.6	11.79	10.33	10.69	10.95
44	11.6	11.79	10.36	10.7	10.95
45	11.6	11.8	10.38	10.71	10.96
46	11.6	11.81	10.39	10.69	10.94
47	11.59	11.81	10.43	10.72	10.96
48	11.61	11.81	10.43	10.7	10.93
49	11.6	11.81	10.47	10.71	10.95
50	11.6	11.81	10.48	10.7	10.94
51	11.58	11.81	10.51	10.72	10.96
52	11.58	11.82	10.51	10.7	10.93
53	11.58	11.82	10.51	10.7	10.95
54	11.58	11.81	10.51	10.69	10.93
55	11.58	11.83	10.51	10.69	10.91
56	11.8	11.95	10.86	11.3	11.27
Promedio	10.89	11.08	9.31	10.07	10.58
Desvesta	1.44	1.42	1.32	1.06	0.89
Mediana	11.54	11.69	9.83	10.53	10.91

Tabla 23.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Blanco a una viscosidad de 1:2.0

Tiempo(*10min)	MTA GRIS 1:1.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.77	6.63	6.78	7.1	7.15
2	7.2	7.79	6.97	7.93	8.22
3	9.13	9.28	7.15	8.96	8.93
4	9.73	9.91	7.27	9.4	9.44
5	10.18	10.25	7.55	9.53	9.78
6	10.36	10.49	7.77	9.69	9.87
7	10.49	10.57	7.99	9.81	10.01
8	10.59	10.7	8.47	9.89	10.07
9	10.67	10.78	8.79	9.95	10.14
10	10.72	10.85	8.98	10.03	10.16
11	10.76	10.89	9.27	10.05	10.21
12	10.8	10.93	9.42	10.11	10.23
13	10.83	10.95	9.59	10.12	10.26
14	10.85	10.96	9.7	10.18	10.29
15	10.85	10.96	9.82	10.18	10.3
16	10.87	10.98	9.89	10.23	10.31
17	10.86	10.98	9.98	10.23	10.32
18	10.9	10.99	10.03	10.25	10.35
19	10.89	10.99	10.07	10.29	10.36
20	10.9	10.99	10.13	10.3	10.38
21	10.89	10.98	10.17	10.32	10.4
22	10.9	10.97	10.2	10.32	10.4
23	10.9	10.97	10.21	10.33	10.4
24	10.91	10.97	10.24	10.33	10.41
25	10.9	10.97	10.27	10.33	10.42
26	10.9	10.95	10.26	10.34	10.42
27	10.9	10.95	10.3	10.34	10.42
28	10.9	10.93	10.3	10.34	10.43
29	10.89	10.93	10.31	10.34	10.43
30	10.89	10.9	10.3	10.36	10.43
31	10.89	10.9	10.31	10.36	10.44
32	10.89	10.9	10.31	10.39	10.45
33	10.89	10.9	10.32	10.4	10.47
34	10.89	10.9	10.33	10.41	10.48
35	10.89	10.89	10.33	10.42	10.49
36	10.91	10.87	10.33	10.42	10.51
37	10.92	10.87	10.33	10.44	10.51
38	10.92	10.86	10.33	10.44	10.52
39	10.91	10.86	10.32	10.45	10.53
40	10.92	10.87	10.33	10.45	10.54
41	10.92	10.85	10.32	10.45	10.54
42	10.92	10.85	10.32	10.46	10.55
43	10.93	10.84	10.32	10.46	10.56
44	10.93	10.84	10.33	10.47	10.57
45	10.93	10.84	10.332	10.47	10.58
46	10.93	10.84	10.33	10.48	10.58
47	10.95	10.84	10.33	10.49	10.59
48	10.95	10.84	10.32	10.49	10.59
49	10.95	10.84	10.31	10.5	10.6
50	10.95	10.83	10.31	10.51	10.61
51	10.95	10.83	10.31	10.51	10.61
52	10.95	10.83	10.32	10.51	10.61
53	10.95	10.83	10.33	10.52	10.62
54	10.95	10.82	10.33	10.52	10.63
55	10.95	10.81	10.34	10.53	10.64
56	11.17	11.18	11.11	11.21	11.31
Promedio	10.58	10.62	9.72	10.13	10.23
Desvesta	0.98	0.93	1.10	0.76	0.74
Mediana	10.9	10.87	10.3	10.34	10.43

Tabla 24.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Gris a una viscosidad de 1:1.0

Tiempo(*10min)	MTA GRIS 1:1.5				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.41	6.6	6.63	6.83	7.16
2	6.77	6.87	6.83	6.85	7.51
3	6.97	7.25	6.83	6.87	7.83
4	7.16	7.64	6.91	6.89	8.11
5	7.33	8.72	6.91	6.92	8.53
6	7.48	9.35	6.95	6.98	8.82
7	7.67	9.9	6.96	6.97	9.04
8	8.07	10.18	6.98	7	9.14
9	8.61	10.42	6.99	7.01	9.31
10	9.16	10.52	7.04	7.01	9.38
11	9.51	10.7	7	7.02	9.46
12	9.85	10.74	7.41	7.42	9.52
13	10.06	10.83	7.82	7.72	9.58
14	10.19	10.89	8.54	8.61	9.76
15	10.29	10.94	9.02	9.28	9.95
16	10.39	10.98	9.46	9.57	10.07
17	10.44	10.98	9.7	9.81	10.17
18	10.51	10.98	9.83	9.97	10.27
19	10.53	11	9.95	10.1	10.35
20	10.6	11	10.02	10.18	10.39
21	10.66	11.02	10.1	10.26	10.43
22	10.73	11	10.15	10.32	10.46
23	10.75	11.05	10.2	10.37	10.49
24	10.82	11.05	10.24	10.41	10.52
25	10.84	11.07	10.26	10.45	10.53
26	10.89	11.09	10.29	10.47	10.55
27	10.91	11.11	10.32	10.51	10.58
28	10.96	11.11	10.35	10.53	10.6
29	10.98	11.12	10.36	10.55	10.62
30	11.02	11.14	10.39	10.59	10.63
31	11.07	11.18	10.41	10.58	10.64
32	11.1	11.18	10.44	10.58	10.64
33	11.14	11.21	10.45	10.6	10.66
34	11.15	11.21	10.48	10.6	10.67
35	11.15	11.21	10.49	10.62	10.68
36	11.1	11.01	10.51	10.62	10.69
37	11.16	11.15	10.53	10.65	10.7
38	11.19	11.15	10.57	10.66	10.7
39	11.22	11.23	10.58	10.68	10.74
40	11.26	11.27	10.6	10.69	10.75
41	11.28	11.29	10.6	10.7	10.75
42	11.25	11.14	10.6	10.7	10.75
43	11.25	11.08	10.62	10.7	10.75
44	11.28	11.22	10.62	10.71	10.75
45	11.27	11.22	10.63	10.7	10.75
46	11.3	11.28	10.63	10.72	10.75
47	11.32	11.28	10.65	10.72	10.76
48	11.32	11.3	10.65	10.74	10.76
49	11.33	11.31	10.67	10.72	10.76
50	11.35	11.31	10.68	10.74	10.76
51	11.32	11.3	10.68	10.74	10.76
52	11.3	11.28	10.69	10.74	10.76
53	11.3	11.28	10.69	10.73	10.74
54	11.3	11.26	10.69	10.73	10.74
55	11.3	11.26	10.69	10.73	10.74
56	11.31	11.35	11.26	11.36	11.33
Promedio	10.26	10.62	9.53	9.63	10.11
Desvesta	1.50	1.25	1.53	1.56	1.00
Mediana	10.96	11.09	10.35	10.53	10.6

Tabla 25.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Gris a una viscosidad de 1:1.5

Tiempo(*10min)	MTA GRIS 1:2.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.31	6.62	6.65	6.88	7.13
2	6.41	6.87	6.66	7.08	7.35
3	6.53	7.13	6.85	7.25	7.47
4	6.56	7.36	6.94	7.51	7.6
5	6.95	7.59	7.29	7.8	8.16
6	7.77	7.81	7.83	8.42	8.58
7	9.15	8.11	8.45	9.04	8.92
8	9.73	8.92	8.91	9.42	9.15
9	10.05	9.64	9.18	9.66	9.3
10	10.19	10.13	9.36	9.8	9.44
11	10.31	10.31	9.46	9.92	9.61
12	10.38	10.51	9.54	10.01	9.66
13	10.48	10.61	9.61	10.1	9.75
14	10.52	10.73	9.65	10.17	9.79
15	10.58	10.79	9.72	10.2	9.81
16	10.62	10.88	9.76	10.25	9.86
17	10.67	10.91	9.78	10.27	9.88
18	10.67	10.96	9.82	10.3	9.9
19	10.71	11	9.84	10.32	10.04
20	10.73	11.04	9.87	10.34	10.14
21	10.76	11.06	9.9	10.36	10.25
22	10.76	11.08	9.92	10.38	10.26
23	10.77	11.1	9.94	10.36	10.31
24	10.75	11.12	9.96	10.37	10.36
25	10.78	11.14	9.97	10.38	10.4
26	10.78	11.15	9.99	10.38	10.43
27	10.8	11.17	9.99	10.39	10.45
28	10.8	11.2	10.02	10.4	10.48
29	10.83	11.2	10.03	10.4	10.48
30	10.82	11.22	10.05	10.4	10.51
31	10.84	11.22	10.07	10.41	10.53
32	10.86	11.26	10.09	10.42	10.55
33	10.94	11.28	10.09	10.42	10.55
34	10.97	11.32	10.1	10.42	10.59
35	11	11.32	10.11	10.43	10.63
36	11	11.34	10.13	10.43	10.65
37	11.04	11.36	10.13	10.43	10.69
38	11.04	11.36	10.16	10.44	10.71
39	11.05	11.37	10.17	10.45	10.72
40	11.07	11.39	10.18	10.46	10.74
41	11.09	11.39	10.18	10.46	10.75
42	11.09	11.39	10.18	10.46	10.76
43	11.11	11.41	10.18	10.46	10.77
44	11.11	11.41	10.19	10.48	10.78
45	11.11	11.41	10.19	10.47	10.78
46	11.11	11.41	10.19	10.46	10.78
47	11.12	11.41	10.17	10.44	10.77
48	11.12	11.41	10.18	10.43	10.77
49	11.11	11.41	10.18	10.43	10.77
50	11.11	11.41	10.18	10.44	10.78
51	11.13	11.41	10.17	10.46	10.79
52	11.13	11.42	10.2	10.46	10.79
53	11.13	11.42	10.2	10.47	10.79
54	11.13	11.42	10.22	10.47	10.79
55	11.13	11.42	10.21	10.47	10.8
56	12.05	12.1	10.92	10.63	11.43
Promedio	10.32	10.57	9.59	9.95	10.03
Desvesta	1.44	1.45	1.06	1.02	1.05
Mediana	10.8	11.2	10.02	10.4	10.48

Tabla 26.-Registro del pH en el tiempo experimental del MTA Gris a una viscosidad de 1:2.0

Tiempo(*10min)	C. PORTLAND BLANCO 1:1.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.30	6.43	6.68	6.86	7.33
2	6.50	6.65	6.84	6.88	7.33
3	6.72	6.82	7.08	7.06	7.44
4	6.83	7.08	7.24	7.15	7.50
5	7.01	7.3	7.51	7.23	7.53
6	7.13	7.79	7.82	7.33	7.54
7	7.33	8.38	8.18	7.44	7.59
8	7.49	8.69	8.40	7.55	7.63
9	7.76	8.85	8.56	7.66	7.66
10	8.02	8.94	8.65	7.77	7.67
11	8.30	9.02	8.74	7.88	7.69
12	8.48	9.08	8.80	7.98	7.71
13	8.71	9.14	8.86	8.07	7.76
14	8.82	9.18	8.93	8.14	7.80
15	8.93	9.20	8.99	8.18	7.86
16	9.01	9.25	9.03	8.23	7.90
17	9.08	9.30	9.05	8.24	7.92
18	9.13	9.31	9.08	8.27	7.93
19	9.19	9.34	9.09	8.30	7.96
20	9.21	9.36	9.11	8.32	8.00
21	9.25	9.39	9.12	8.35	8.14
22	9.27	9.40	9.14	8.35	8.23
23	9.30	9.43	9.15	8.37	8.33
24	9.31	9.43	9.17	8.37	8.39
25	9.33	9.45	9.17	8.38	8.43
26	9.33	9.46	9.19	8.38	8.46
27	9.35	9.48	9.19	8.37	8.47
28	9.36	9.49	9.21	8.37	8.48
29	9.38	9.51	9.22	8.37	8.48
30	9.38	9.52	9.23	8.36	8.48
31	9.39	9.54	9.24	8.36	8.48
32	9.37	9.55	9.24	8.35	8.54
33	9.40	9.55	9.24	8.35	8.60
34	9.41	9.57	9.24	8.34	8.62
35	9.44	9.57	9.24	8.33	8.68
36	9.49	9.58	9.24	8.32	8.70
37	9.52	9.57	9.24	8.30	8.76
38	9.55	9.58	9.25	8.29	8.80
39	9.57	9.58	9.25	8.28	8.87
40	9.6	9.59	9.25	8.27	8.98
41	9.61	9.59	9.25	8.26	8.97
42	9.63	9.59	9.26	8.26	8.98
43	9.65	9.59	9.26	8.25	9.02
44	9.67	9.59	9.26	8.25	9.06
45	9.68	9.59	9.25	8.25	9.07
46	9.69	9.59	9.26	8.25	9.09
47	9.70	9.60	9.25	8.25	9.12
48	9.71	9.60	9.26	8.24	9.15
49	9.71	9.61	9.27	8.24	9.18
50	9.74	9.61	9.27	8.24	9.21
51	9.74	9.61	9.27	8.23	9.25
52	9.75	9.62	9.27	8.23	9.28
53	9.76	9.61	9.27	8.23	9.29
54	9.77	9.61	9.27	8.22	9.29
55	9.77	9.61	9.27	8.22	9.29
56	11.22	11.22	10.97	11.28	11.31
Promedio	8.96	9.14	8.90	8.12	8.43
Desvesta	1.06	0.92	0.77	0.61	0.75
Mediana	9.36	9.49	9.21	8.25	8.48

Tabla 27.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Blanco a una viscosidad de 1:1.0

Tiempo(*10min)	C. PORTLAND BLANCO 1:5.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.21	6.6	6.60	7.01	7.18
2	6.78	6.92	6.66	7.23	7.59
3	7.57	7.21	7.61	7.46	8.66
4	8.9	7.51	9.33	7.7	9.41
5	9.75	7.95	10.05	7.95	9.77
6	9.96	8.74	10.34	8.2	10.11
7	10.15	9.94	10.54	8.5	10.40
8	10.25	10.17	10.68	8.76	10.62
9	10.37	10.33	10.79	8.94	10.79
10	10.42	10.46	10.90	9.08	10.81
11	10.60	10.57	10.97	9.25	10.83
12	10.68	10.66	11.04	9.33	10.87
13	10.74	10.75	11.14	9.42	10.89
14	10.77	10.84	11.20	9.42	10.91
15	10.77	10.91	11.24	9.59	10.93
16	10.77	10.98	11.29	9.65	11.38
17	10.80	11.03	11.31	9.7	11.39
18	10.90	11.09	11.34	9.74	11.39
19	10.99	11.12	11.37	9.78	10.40
20	11.01	11.17	11.39	9.81	11.41
21	11.04	11.25	11.41	9.84	11.42
22	11.07	11.29	11.43	9.87	11.43
23	11.08	11.31	11.41	9.89	11.44
24	11.12	11.33	11.41	9.91	11.40
25	11.15	11.35	11.41	9.93	11.38
26	11.20	11.27	11.43	9.94	11.36
27	11.24	11.38	11.44	9.96	11.57
28	11.27	11.42	11.45	9.96	11.57
29	11.28	11.34	11.47	9.91	11.57
30	11.30	11.32	11.47	9.9	10.57
31	11.32	11.32	11.49	9.93	11.58
32	11.34	11.32	11.50	9.96	11.58
33	11.35	11.32	11.50	9.97	11.50
34	11.30	11.47	11.50	9.98	11.51
35	11.34	11.46	11.50	9.98	11.51
36	11.47	11.47	11.49	9.99	11.49
37	11.57	11.48	11.49	10	11.48
38	11.60	11.49	11.48	10	11.48
39	11.68	11.5	11.49	10.01	11.48
40	11.72	11.52	11.49	10.01	11.47
41	11.93	11.53	11.49	10.01	11.47
42	11.93	11.55	11.49	10.02	11.47
43	11.98	11.58	11.49	10.02	11.48
44	12.00	11.58	11.49	10.03	11.48
45	12.00	11.59	11.49	10.03	11.49
46	12.06	11.61	11.50	10.03	11.48
47	12.06	11.63	11.50	10.03	11.48
48	12.04	11.66	11.51	10.03	11.49
49	12.04	11.66	11.51	10.03	11.39
50	12.04	11.67	11.56	10.03	11.30
51	12.04	11.68	11.61	10.03	11.27
52	12.03	11.68	11.64	10.04	11.24
53	12.04	11.68	11.64	10.04	11.23
54	12.04	11.68	11.64	10.04	11.23
55	12.04	11.68	11.64	10.04	11.23
56	12.1	11.75	11.7	11.08	11.23
Promedio	10.94	10.79	10.99	9.54	10.94
Desvesta	1.37	1.39	1.22	0.88	1.04
Mediana	11.27	11.32	11.45	9.93	11.39

Tabla 28.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Blanco a una viscosidad de 1:1.5

Tiempo(*10min)	C. PORTLAND BLANCO 1:2.0				
	6.2	6.4	pH		7
			6.6	6.8	
1	6.25	6.45	6.61	6.81	7.10
2	6.44	6.56	6.76	7.04	7.32
3	6.55	6.62	6.78	7.13	7.53
4	6.58	6.64	6.78	7.31	7.72
5	6.62	6.68	6.98	7.41	8.03
6	6.67	6.68	7.10	7.56	8.32
7	6.68	6.72	7.26	7.64	8.44
8	6.73	6.71	7.28	7.79	8.60
9	6.75	6.78	7.35	7.89	8.67
10	6.80	6.79	7.39	8.05	8.74
11	6.82	6.84	7.49	8.39	8.78
12	6.88	6.84	7.57	8.73	8.84
13	6.90	6.89	7.73	8.90	8.86
14	6.97	6.89	7.84	9.05	8.92
15	6.99	6.94	8.10	9.13	8.94
16	7.08	6.92	8.21	9.22	9.00
17	7.10	6.97	8.54	9.25	9.03
18	7.20	6.95	8.68	9.30	9.09
19	7.26	7.00	8.87	9.32	9.10
20	7.36	6.98	8.97	9.35	9.10
21	7.41	7.03	9.09	9.41	9.13
22	7.50	7.01	9.13	9.46	9.12
23	7.53	7.05	9.19	9.50	9.14
24	7.63	7.03	9.23	9.55	9.14
25	7.64	7.08	9.33	9.57	9.16
26	7.71	7.05	9.36	9.60	9.21
27	7.74	7.08	9.41	9.64	9.25
28	7.82	7.07	9.44	9.66	9.28
29	7.89	7.09	9.49	9.67	9.34
30	7.92	7.08	9.50	9.68	9.40
31	7.94	7.12	9.53	9.70	9.44
32	8.00	7.11	9.54	9.72	9.47
33	8.02	7.14	9.58	9.70	9.47
34	8.02	7.12	9.59	9.68	9.51
35	8.02	7.15	9.62	9.65	9.53
36	8.02	7.14	9.62	9.65	9.57
37	8.02	7.17	9.66	9.66	9.59
38	8.02	7.15	9.68	9.65	9.62
39	8.02	7.20	9.70	9.63	9.64
40	8.02	7.17	9.72	9.65	9.66
41	8.02	7.20	9.75	9.63	9.67
42	8.02	7.21	9.77	9.66	9.70
43	8.02	7.25	9.80	9.62	9.71
44	8.02	7.24	9.81	9.64	9.73
45	8.02	7.28	9.83	9.62	9.74
46	8.02	7.27	9.81	9.62	9.75
47	8.02	7.30	9.85	9.62	9.76
48	8.02	7.29	9.93	9.62	9.77
49	8.02	7.36	9.99	9.62	9.78
50	8.02	7.35	10.02	9.62	9.79
51	8.02	7.36	10.06	9.62	9.79
52	8.02	7.34	10.11	9.62	9.80
53	8.02	7.39	10.15	9.62	9.81
54	8.02	7.39	10.20	9.62	9.83
55	8.02	7.39	10.2	9.62	9.83
56	11.25	11.33	10.3	9.82	11.37
Promedio	7.57	7.11	8.91	9.10	9.17
Desvesta	0.77	0.62	1.16	0.89	0.77
Mediana	7.82	7.08	9.44	9.62	9.28

Tabla 29.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Blanco a una viscosidad de 1:2.0

Tiempo(*10min)	C. PORTLAND GRIS 1:1.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.32	6.53	6.62	6.87	7.21
2	6.65	6.71	6.81	7.33	7.21
3	6.81	6.99	6.90	8.23	7.42
4	6.98	7.24	7.02	8.65	7.50
5	7.15	7.72	7.11	8.83	7.56
6	7.34	8.07	7.24	8.91	7.62
7	7.53	8.4	7.35	8.97	7.73
8	7.81	8.59	7.50	9.04	7.91
9	8.08	8.69	7.64	9.08	8.11
10	8.35	8.79	7.97	9.12	8.30
11	8.47	8.85	8.21	9.14	8.52
12	8.62	8.91	8.42	9.16	8.68
13	8.71	8.96	8.51	9.17	8.80
14	8.80	9.00	8.65	9.20	8.88
15	8.85	9.03	8.72	9.21	9.00
16	8.91	9.07	8.79	9.22	9.05
17	8.95	9.10	8.84	9.22	9.10
18	8.99	9.12	8.86	9.23	9.15
19	9.02	9.14	8.89	9.24	9.18
20	9.05	9.16	8.91	9.25	9.22
21	9.08	9.17	8.93	9.26	9.25
22	9.10	9.19	8.95	9.25	9.28
23	9.13	9.2	8.97	9.26	9.30
24	9.14	9.21	8.99	9.26	9.32
25	9.15	9.22	9.01	9.26	9.33
26	9.16	9.24	9.02	9.26	9.34
27	9.17	9.25	9.04	9.26	9.35
28	9.17	9.26	9.05	9.25	9.36
29	9.18	9.27	9.07	9.26	9.37
30	9.19	9.29	9.07	9.25	9.38
31	9.19	9.30	9.08	9.29	9.38
32	9.18	9.31	9.09	9.25	9.39
33	9.20	9.21	9.09	9.26	9.40
34	9.19	9.33	9.09	9.25	9.41
35	9.20	9.33	9.1	9.25	9.42
36	9.21	9.34	9.10	9.25	9.42
37	9.21	9.34	9.10	9.24	9.48
38	9.22	9.34	9.11	9.23	9.52
39	9.22	9.35	9.11	9.23	9.59
40	9.23	9.35	9.12	9.22	9.60
41	9.23	9.36	9.12	9.23	9.60
42	9.24	9.37	9.13	9.23	9.61
43	9.23	9.37	9.12	9.22	9.61
44	9.24	9.37	9.13	9.22	9.62
45	9.23	9.37	9.13	9.22	9.62
46	9.24	9.37	9.13	9.22	9.62
47	9.24	9.37	9.13	9.22	9.62
48	9.24	9.38	9.13	9.22	9.62
49	9.24	9.39	9.13	9.22	9.63
50	9.24	9.39	9.13	9.22	9.63
51	9.23	9.39	9.13	9.22	9.63
52	9.24	9.39	9.13	9.21	9.63
53	9.24	9.39	9.13	9.19	9.63
54	9.24	9.39	9.13	9.22	9.63
55	9.24	9.39	9.13	9.22	9.63
56	10.59	10.66	10.87	10.9	10.74
Promedio	8.78	8.97	8.67	9.09	9.05
Desvesta	0.87	0.79	0.83	0.58	0.80
Mediana	9.17	9.25	9.05	9.22	9.36

Tabla 30.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.0

C. PORTLAND GRIS 1:1.5					
Tiempo(*10min)	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.18	6.45	6.62	6.88	7.88
2	6.45	7.06	7.17	7.15	8.21
3	6.64	7.71	7.99	7.43	8.77
4	6.79	8.59	8.76	7.64	9.10
5	7.00	8.96	9.19	7.96	9.28
6	7.19	9.15	9.39	8.27	9.41
7	7.44	9.27	9.51	8.52	9.53
8	7.69	9.36	9.63	8.70	9.62
9	8.06	9.43	9.72	8.85	9.69
10	8.41	9.40	9.79	8.96	9.73
11	8.72	9.73	9.85	9.13	9.77
12	8.87	9.77	9.90	9.23	9.82
13	8.98	9.6	9.90	9.34	9.85
14	9.05	9.63	9.96	9.43	9.89
15	9.11	9.67	9.99	9.52	9.92
16	9.16	9.69	10.04	9.59	9.93
17	9.21	9.71	10.05	9.64	9.95
18	9.24	9.73	10.08	9.71	9.97
19	9.26	9.75	10.10	9.76	9.98
20	9.27	9.76	10.13	9.80	9.99
21	9.29	9.78	10.15	9.85	10.00
22	9.31	9.80	10.17	9.89	10.01
23	9.32	9.80	10.19	9.92	10.02
24	9.33	9.81	10.2	9.94	10.02
25	9.33	9.83	10.22	9.97	10.02
26	9.34	9.84	10.23	9.99	10.02
27	9.34	9.85	10.25	10.02	10.02
28	9.34	9.85	10.26	10.02	10.02
29	9.35	9.86	10.27	9.99	10.02
30	9.35	9.86	10.28	9.99	10.03
31	9.35	9.87	10.28	10.00	10.03
32	9.35	9.88	10.29	10.02	10.20
33	9.36	9.88	10.30	10.02	10.19
34	9.36	9.89	10.29	10.04	10.19
35	9.36	9.89	10.29	10.06	10.19
36	9.35	9.89	10.30	10.07	10.20
37	9.36	9.89	10.42	10.08	10.21
38	9.36	9.89	10.43	10.09	10.21
39	9.35	9.89	10.42	10.10	10.22
40	9.40	9.89	10.43	10.11	10.22
41	9.39	9.90	10.43	10.12	10.22
42	9.49	9.90	10.43	10.12	10.22
43	9.49	9.90	10.43	10.14	10.23
44	9.51	9.91	10.43	10.15	10.23
45	9.51	9.91	10.44	10.16	10.23
46	9.52	9.91	10.44	10.16	10.23
47	9.52	9.90	10.44	10.17	10.23
48	9.53	9.90	10.45	10.18	10.23
49	9.53	9.90	10.45	10.19	10.24
50	9.53	9.90	10.46	10.20	10.24
51	9.52	9.90	10.46	10.21	10.25
52	9.52	9.89	10.46	10.22	10.25
53	9.51	9.89	10.46	10.22	10.25
54	9.51	9.89	10.46	10.23	10.25
55	9.51	9.89	10.46	10.23	10.25
56	10.53	10.4	10.96	11.06	11.08
Promedio	8.93	9.56	9.96	9.58	9.89
Desvesta	0.98	0.80	0.88	0.93	0.63
Mediana	9.34	9.85	10.26	9.99	10.02

Tabla 31.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Gris a una viscosidad de 1:1.5

Tiempo(*10min)	C. PORTLAND GRIS 1:2.0				
	pH				
	6.2	6.4	6.6	6.8	7
1	6.21	6.41	6.60	6.91	7.02
2	6.72	6.73	6.81	7.36	7.45
3	6.98	6.84	6.93	8.02	8.15
4	7.32	7.00	7.09	8.62	8.83
5	7.91	7.08	7.41	8.97	9.01
6	8.63	7.23	8.09	9.17	9.13
7	9.00	7.39	8.64	9.29	9.23
8	9.22	7.47	8.97	9.39	9.28
9	9.33	7.59	9.13	9.47	9.33
10	9.42	7.74	9.26	9.53	9.37
11	9.47	7.89	9.38	9.60	9.40
12	9.56	8.07	9.49	9.65	9.42
13	9.59	8.26	9.58	9.70	9.45
14	9.65	8.41	9.64	9.75	9.45
15	9.66	8.58	9.69	9.76	9.48
16	9.71	8.69	9.71	9.83	9.49
17	9.73	8.83	9.74	9.86	9.51
18	9.77	8.89	9.76	9.89	9.52
19	9.77	8.98	9.77	9.92	9.53
20	9.81	9.04	9.80	9.94	9.53
21	9.81	9.10	9.80	9.97	9.73
22	9.84	9.12	9.82	9.99	9.74
23	9.84	9.20	9.83	10.02	9.55
24	9.87	9.22	9.85	10.03	9.56
25	9.85	9.28	9.85	10.05	9.57
26	9.89	9.30	9.85	10.07	9.50
27	9.89	9.34	9.86	10.07	9.59
28	9.91	9.35	9.88	10.08	9.60
29	9.89	9.41	9.92	10.08	9.60
30	9.91	9.43	9.93	10.08	9.64
31	9.90	9.47	9.95	10.10	9.65
32	9.90	9.49	9.96	10.09	9.66
33	9.91	9.53	9.98	10.10	9.66
34	9.91	9.55	9.99	10.09	9.66
35	9.91	9.57	10.00	10.07	9.67
36	9.91	9.57	10.01	10.08	9.67
37	9.91	9.60	10.02	10.08	9.69
38	9.91	9.59	10.02	10.08	9.69
39	9.91	9.61	10.03	10.05	9.70
40	9.91	9.60	10.02	10.07	9.70
41	9.91	9.66	10.03	10.05	9.71
42	9.91	9.68	10.03	10.06	9.71
43	9.91	9.72	10.04	10.03	9.71
44	9.91	9.74	10.03	10.05	9.72
45	9.91	9.76	10.03	10.04	9.72
46	9.91	9.76	10.03	10.06	9.72
47	9.91	9.80	10.04	10.06	9.71
48	9.91	9.79	10.04	10.06	9.71
49	9.91	9.83	10.04	10.06	9.72
50	9.91	9.81	10.04	10.06	9.72
51	9.91	9.84	10.04	10.06	9.72
52	9.91	9.84	10.04	10.06	9.72
53	9.91	9.86	10.04	10.06	9.72
54	9.91	9.90	10.05	10.06	9.72
55	9.91	9.9	10.05	10.06	9.72
56	10.94	11.01	10.06	11.06	11.11
Promedio	9.49	8.94	9.50	9.73	9.44
Desvesta	0.97	1.06	0.97	0.77	0.64
Mediana	9.89	9.35	9.88	10.05	9.64

Tabla 32.-Registro del pH en el tiempo experimental del C. Portland Gris a una viscosidad de 1:2.0