



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA
TALLER LUIS BARRAGÁN



ANÁLISIS DE MORTEROS PARA SU APLICACIÓN EN LA ARQUITECTURA REGIONAL.

Informe de investigación que para obtener el
título de Arquitecta presenta:

Natalia Silva Díaz.

Con número de cuenta: 311018895

Sínode:

Dra. Gemma Luz Sylvia Verduzco Chirino

Dr. José Gerardo Guízar Bermúdez

Dr. Alberto Muciño Vélez

Ciudad Universitaria, CDMX., Septiembre 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

El trabajo de investigación asociado a la presente tesis se realizó en el marco del proyecto PAPIIT IN404218, titulado: *“Análisis de Morteros para su aplicación en la arquitectura regional”*, bajo la dirección del doctor en arquitectura Alberto Muciño Vélez.

COMITÉ TUTOR:

Dra. Gemma Luz Sylvia Verduzco Chirino

Dr. José Gerardo Guízar Bermúdez

Dr. Alberto Muciño Vélez

Agradecimientos

A mi Madre Rosalba.

Por ser el pilar fundamental en mi familia, una madre y amiga ejemplar, por tu amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ti he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio ser tu hija. ¡Te amo mamá!

A mi Hermana, Sophia.

Por llenarme de amor en todo momento, levantarme en las circunstancias tristes, apoyarnos en las travesuras.

A mis abuelos, María de Jesús y Pablo.

Por ser grandes personas que estuvieron siempre presentes en mi vida, por cuidarme desde pequeña y enseñarme el significado de familia, llenarme de valores y formar de mí una mujer ejemplar y, sobre todo, apoyar a mi madre en los momentos más difíciles y siempre motivarnos a ser mejores.

A mis tíos, Alejandro y Adelaida.

Quienes estimo tanto y debo su apoyo incondicional, por facilitarme los caminos para seguir, sin pedir nada a cambio y quienes han puesto toda su confianza para lograr un objetivo más en mi vida.

A mi Familia.

Tíos y primos, Quienes en todo momento me alentaron para seguir y cumplir mis sueños, me apoyaron y brindaron sus mejores consejos para tener este logro tan importante.

A mis Amigos.

Gracias por la compañía, consejos y amor que cada uno de ustedes me ha dado para continuar, se han convertido en mi segunda familia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Agradezco a todos mis compañeros por su apoyo incondicional, a quienes llegaron a ser mis amigos y hoy son una parte esencial de mi vida. Gracias a mis profesores por compartirme los conocimientos que hoy he adquirido y alentarme cuando se me presentaron momentos difíciles.

Gracias al Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales por abrir sus puertas para el desarrollo de esta investigación y mi desarrollo personal. Gracias por brindarme la amistad de: Antonio Tahuiton, Manuel Garduño, César Guillén, Cristhian Carbajal, Edrey Salgado, Sofía Vargas y el Dr. Alberto Muciño, personas que me ayudaron a completar el paso final en mi vida académica.

Gracias a mi comité tutor por estar pendiente de mis pasos en la elaboración de mi experimentación, brindarme el apoyo necesario para concluirlo y compartirme su experiencia y su tiempo.

UNAM, facultad de Arquitectura, Taller Luis Barragán, por acogerme durante estos largos años, ¡Gracias!.

CONTENIDO:

Introducción

Capítulo 1. Cemento Portland

1.1 ¿Qué es el cemento?.....	06
1.1.1 Componentes del cemento e hidratación.....	06
1.1.2 Fabricación del cemento.....	09
1.1.3 Tipos de cemento portland y su clasificación.....	11
1.1.4 Marcas y bancos de cemento regionales.....	15

Capítulo 2. Pastas y Morteros de Cemento Portland

2.1 Definición de Pastas.....	18
2.2 Definición de mortero y sus propiedades.....	18
2.3 Clasificación de morteros.....	19
2.4 Materiales componentes del Mortero.....	20
2.4.1 Arena.....	22
2.4.2 Agua.....	24
2.5 Morteros de Cemento Portland.....	26

Capítulo 3. Procedimiento experimental

3.1 Método experimental.....	28
3.2 Materiales Empleados.....	30
3.2.1 cemento Portland.....	30
3.2.2 Agua.....	32
3.2.3 Arena.....	33
3.3 Elaboración de Muestras	
3.3.1 Mezcla Pastas.....	35
3.3.2 Mezcla Morteros.....	36

Capítulo 4 Pruebas Mecánicas

4.1 Pruebas mecánicas.....	39
4.2 Prueba de la resistencia a compresión (f'c) en pastas.....	47
4.3 Prueba de la resistencia a compresión (f'c) en morteros.....	47

Capítulo 5 Análisis de resultados

5.1 Prueba de la resistencia a compresión en diferentes mezclas de morteros.....	42
---	----

Capítulo 6 conclusiones

5.1 Discusión de resultados.....	49
----------------------------------	----

Anexos.....	50
-------------	----

Glosario.....	68
---------------	----

Referencias.....	69
------------------	----

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria de la construcción ha mostrado una tendencia a la baja debido a la disminución de la realización de obra civil y la poca producción de edificaciones, sumado al hecho de que en el año 2017 el sismo ocurrido en el país afectó en gran medida la zona centro y sur de la Ciudad de México¹.

Existen otros problemas que afectan a la industria, el principal es la autoconstrucción, en el país se producen aproximadamente 1 millón de viviendas al año del cual solo 35% corresponden a trabajos elaborados por constructoras, mientras el 65% restante es producido por autoconstrucción².

Actualmente las empresas constructoras se enfrentan a grandes retos a la hora de ofrecer sus servicios y es que, no solo existe una amplia variedad y demanda en el mercado; hay empresas que pretenden ofrecer servicios de alta calidad a bajo costo sacrificando la calidad de los productos que emplean.

A nivel mundial uno de los materiales más producidos y económicos es el Cemento Portland, el cual está compuesto principalmente por silicatos que reaccionan con el agua y hacen que endurezca, formando una pasta de cemento la cual en presencia con otros materiales naturales como la arena forman el Mortero que es empleado para realizar aplanados en muros, resanes, acabados o pegar piezas de mampostería.

Desde la antigüedad el hombre creció su interés por limitar su espacio vital y mejorar sus condiciones de habitabilidad a través de los años, es así como surge la necesidad de buscar materiales para la evolución de las construcciones y es cuando el hombre decide emplear materiales arcillosos o pétreos debido a que son

¹ Fuente de Consulta: BBC News Mundo 04 oct 2017, Razones por las que colapsaron tantos edificios en la Ciudad de México. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-41481250>, consultado en mayo 2019

² CMIC. Diagnóstico para el sector de la construcción y propuestas para el impulso de la infraestructura en México, CEESCO (centro de estudios económicos de la industria de la construcción, enero 2016.

materiales que podemos encontrar en la naturaleza y su fabricación es económica.

Actualmente el Cemento Portland se obtiene de calcinar mezclas de calizas y arcillas preparadas artificialmente a una temperatura de 1500°C. El cemento Portland es el principal material comercializado para el sector de la construcción, así como el principal elemento para la elaboración del concreto y mortero. En la Ciudad de México se distribuyen cinco principales marcas de cemento de lo cual surge la necesidad de conocer cuál de estas nos proporciona condiciones adecuadas y suficientes para el mejoramiento de la construcción en la Ciudad de México.

En el estudio se analizaron las cinco marcas distribuidas para comparar el comportamiento mecánico que presentan cada una, elaborando pastas de cemento y morteros donde se utilizaron tres tipos de arenas definidos por la cercanía de los bancos de extracción en el área metropolitana de la ciudad, siendo también las principales arenas comercializadas de la región.

ZONA DE ESTUDIO

Se consideró a la Ciudad de México como muestra representativa de la zona de estudio, los principales bancos de extracción de agregados pétreos que ingresan a la ciudad se encuentran en los estados aledaños.

Mapa de la región de estudio.

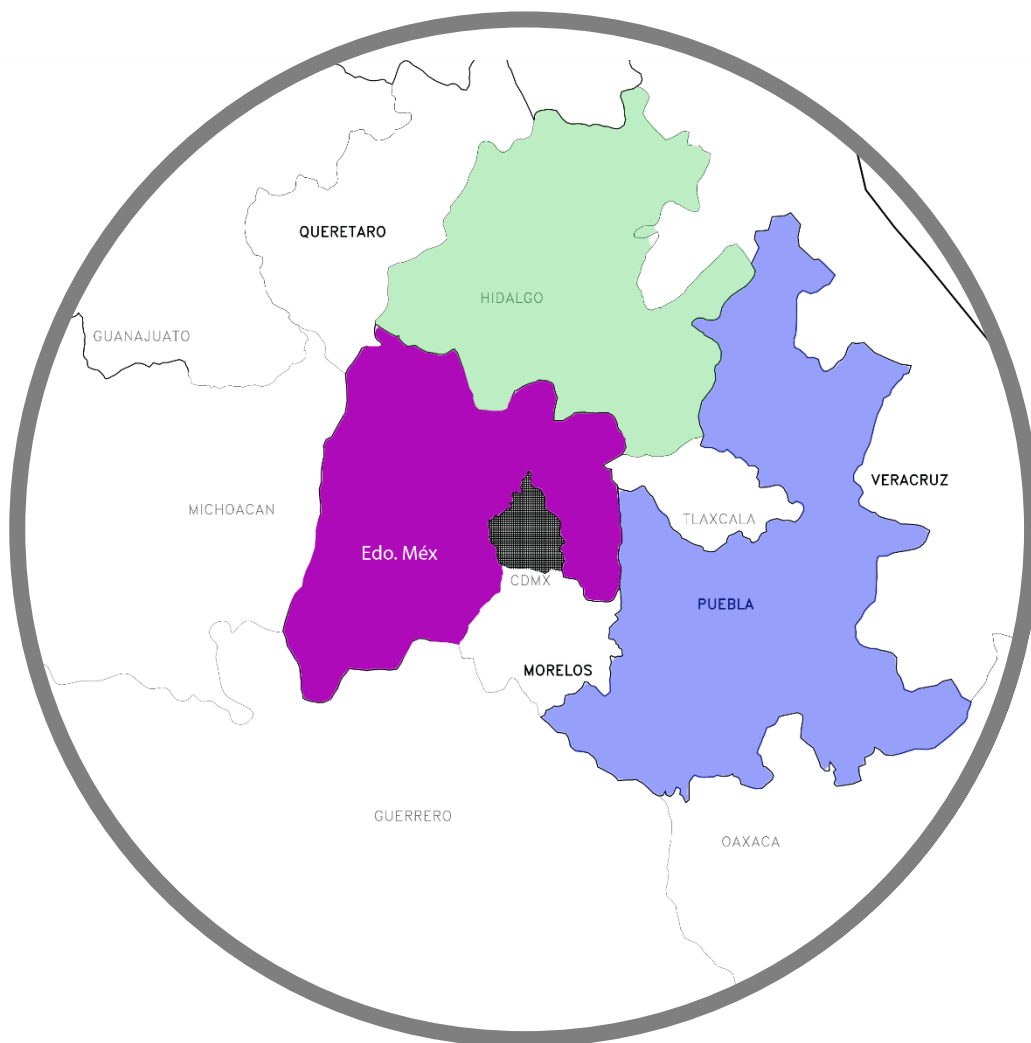


Imagen 1. Zona de Estudio. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 1

CEMENTO PORTLAND

1.1 ¿QUÉ ES EL CEMENTO PORTLAND?

El cemento es un material aglomerante con propiedades de adherencia y cohesión la cual le permiten unir fragmentos minerales entre sí para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas.

Se da el nombre de Portland al cemento obtenido por la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contengan sílice, alúmina y óxido de hierro, que son calentados a temperaturas que provocan que se formen escorias, para posteriormente moler el producto resultante al cual se le llama Clinker. El Clinker se forma por la calcinación piedra caliza y sílice a una temperatura entre 1350°C y 1450°C, los diámetros obtenidos de las partículas rondan aproximadamente los 15 micrómetros.

1.1.1 COMPONENTES DEL CEMENTO Y SU HIDRATACIÓN

En el cemento portland podemos encontrar cuatro principales compuestos:

- Aluminio tricálcico → Alita
- Silicato dicálcico → Belita
- Silicato tricálcico → Celita
- Aluminio Ferrita → Ferrita

Componentes del Cemento Portland

FASE	SILICATO TRICÁLCICO	SILICATO DICÁLCICO	ALUMINATO TRICÁLCICO	ALUMINOFERRITA TRICÁLCICO	SULFATO DE CALCIO DESHIDRATADO
Nombre mineralógico	Alita	Belita	Celita	Ferrita	Yeso
Composición química	$3\text{Ca}-\text{SiO}_2$	$2\text{Ca}-\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3-3\text{CaO}$	$4\text{CaO}-\text{Al}_2-\text{FeO}_3$	$\text{CaO}_4-2\text{H}_2\text{O}$
Porcentaje en polvo del cemento	50 al 70	15 al 30	5 al 10	5 al 15	4 al 6

Tabla 1. Componentes del Cemento Portland. Fuente: tomado con intención ilustrativa de tesis modificación de las propiedades mecánicas del mortero. Vargas López, S., 2017, UNAM.

Como se muestra en la tabla 1, los silicatos son los componentes más importantes y causantes de la resistencia de la pasta hidratada de cemento, estos elementos no se encuentran como componentes puros, más bien, contienen óxidos menores en soluciones sólidas.

En presencia del agua los silicatos y aluminatos forman productos de hidratación que resultan ser una masa firme y dura: la pasta endurecida de cemento. En cementos comerciales, los silicatos de calcio contienen pequeñas impurezas de algunos óxidos presentes en las escorias. Estas impurezas tienen un efecto en las propiedades de los silicatos hidratados.

Como menciona la Maestra Sofia Vargas (Beatriz, 2017), durante la hidratación del cemento se generan nuevos compuestos³, la alita y belita forman compuestos de hidróxido de calcio y silicato hidratado, al cual se le deben propiedades del cemento hidratado como la resistencia. El producto de hidratación del C_2S es el

³ Vargas López, S., Modificación de las propiedades mecánicas del mortero, 2017, UNAM.

hidrato microcristalino $C_3S_2H_3$ con un poco de cal, el C_2S se comporta de manera similar, pero contiene menor porcentaje de cal, los hidratos de silicato de calcio se describen como C-S-H (por sus siglas en inglés calcium silicate hydrate) lo que se conoce como gel de tobermorita.

La reacción de los compuestos del cemento se lleva mediante una reacción química exotérmica y la cantidad de calor por cada gramo de cemento no hidratado, desarrollada hasta una hidratación total, se define como calor de hidratación. Como se puede notar los principales compuestos responsables de la resistencia del cemento hidratado son el C_2S y el C_3S , donde el C_2S contribuye al desarrollo de la resistencia en las primeras semanas.

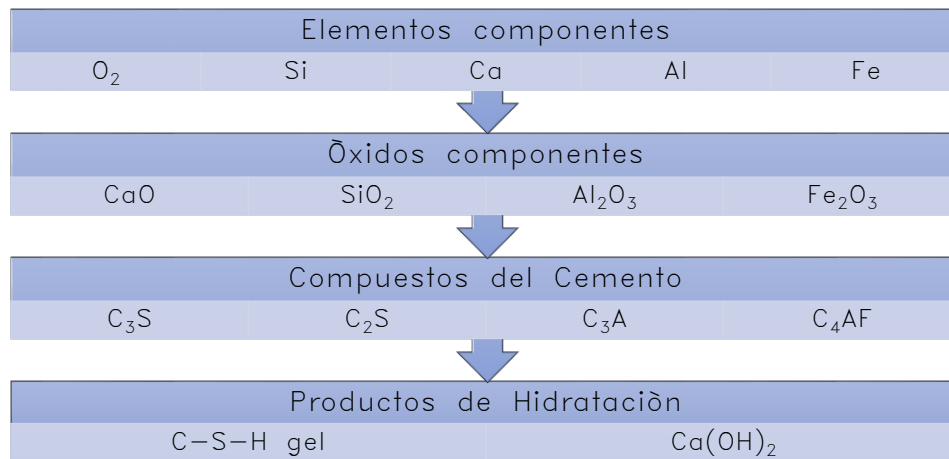


Imagen 2. Elementos componentes del cemento Portland.

Fuente: tomado del libro Tecnología del Concreto.

1.1.2 FABRICACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

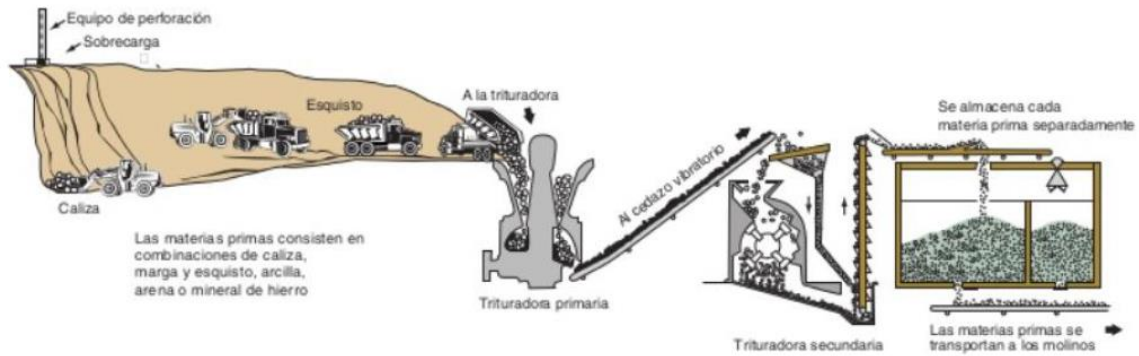
El cemento portland se fabrica generalmente a partir de materiales minerales calcáreos, tales como caliza, alúmina y sílice, la cual podemos encontrar naturalmente como arcilla, en ocasiones se agregan productos para mejorar la composición química de las materias primas principales; el más común es el óxido de hierro.

Las calizas que se presentan en la naturaleza están compuestas en alto porcentaje de carbonato de calcio (CaCO_3), e impurezas como arcillas, sílice y dolomita. Hay diferentes tipos de calizas y la mayoría sirven para la producción del cemento exceptuando aquellas que no contengan grandes cantidades de magnesio, debido a que, si el cemento contiene más cantidad del límite permitido, el concreto producido con él aumenta de volumen con el tiempo, generando fisuras y por ende pérdida de la resistencia.

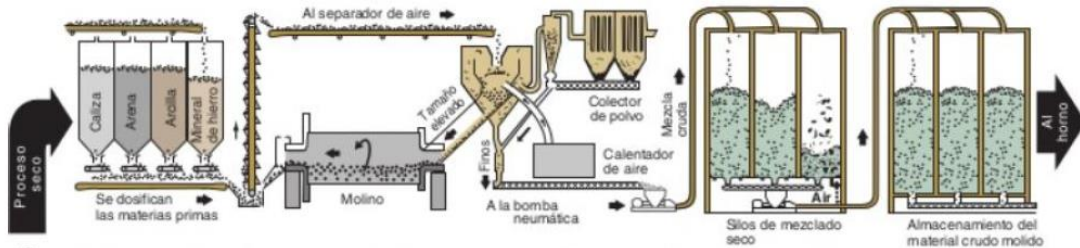
La arcilla que se emplea en la fabricación del cemento está constituida principalmente de silicato hidratado de aluminio, la arcilla aporta óxidos como sílice (SiO_2), hierro (Fe_2O_3) y aluminio (Al_2O_3). El yeso, es un producto que se agrega al final del proceso de producción con el fin de controlar el tiempo de fraguado del cemento⁴.

⁴ Fuente de consulta: Neville, A. M., Brooks, J.J., Tecnología del concreto, Ed. Trillas 2012, primera edición, México.

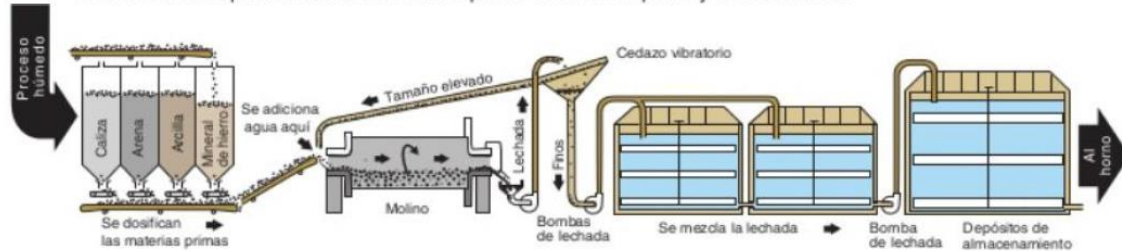
Proceso de elaboración del Cemento Portland.



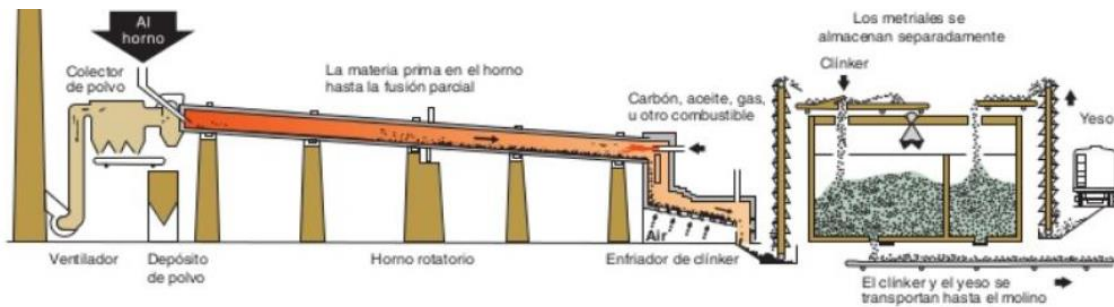
1. La roca se reduce primero hasta un tamaño de 125 mm (5 pulg.) y después a un tamaño de 20 mm (3/4 pulg.) para entonces se almacenan.



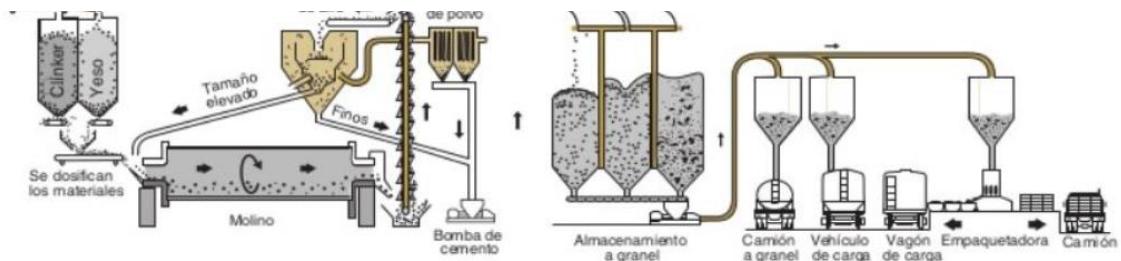
2. Las materias primas se muelen hasta que se vuelvan en polvo y se las mezcla.



2. Las materias primas se muelen, se mezclan con el agua para formar una lechada y se mezclan



3. La calcinación transforma químicamente las materias primas en el clinker de cemento.



4. Se muele el clinker junto con el yeso para convertirlos en cemento portland y se lo despacha.

Imagen 3. Fabricación del Cemento Portland, fuente: tomada del libro diseño y control de mezclas de concreto del Portland Cement Association.

1.1.3 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND Y SU CLASIFICACIÓN

La clasificación de los cementos se basa en diferentes criterios, la clasificación principal se puede definir en dos tipos de cemento:

- a) El cemento Portland el cual, como se menciona anteriormente se obtiene de la molienda conjunta de Clinker con un porcentaje de yeso para regular el fraguado, sus características dependen de la composición del Clinker las cuales definirán la resistencia inicial y el calor de hidratación.

La norma ASTM C-150 "Standard Specification for Portland Cement" (Especificaciones para Cemento Portland) clasifica a los cementos portland en 5 tipos:

- Tipo I: cemento Portland común, apto para construcciones ordinarias, es decir, obras que no requieren cementos con requisitos especiales. En este tipo de cemento podemos encontrar un subtipo: tipo IA el cual se distingue como cemento portland normal con aire incluido.
- Tipo II: -cemento Portland de moderado calor de hidratación y resistencia a los sulfatos con un contenido de aproximadamente 8% de C_3A . también podemos encontrar un subtipo definido como Tipo IIA: cemento portland de moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido.
- Tipo III: Cemento Portland de alta resistencia inicial y Tipo IIIA: Cemento portland de alta resistencia inicial con aire incluido.

- Tipo IV: cemento Portland de bajo calor de hidratación con contenidos máximo de 35% de C_3S y 7% C_3A .
 - Tipo V: Cemento Portland resistente a los sulfatos, con un contenido máximo de 5% C_3A y la suma de $C_4AF + 2 C_3A$, menor o igual a 20%.⁵
- b) Cemento con adiciones hidráulicas o potencialmente hidráulicas. Se obtiene de la molienda conjunta de clínker, yeso y una o más adiciones hidráulicas. En estos cementos podemos distinguir los siguientes:
- Cementos puzolánicos.
 - Cementos con cenizas volantes.
 - Cementos siderúrgicos.
 - Cementos sideropuzolanicos.

La norma ASTM C1157⁶ “Standard Performance Specification for Hydraulic Cement” (Especificaciones para cemento hidráulico) presenta seis tipos de cementos hidráulicos:

- Tipo GU—uso general
- Tipo HE—Alta resistencia inicial
- Tipo MS—moderada resistencia a los sulfatos
- Tipo MH— moderado calor de hidratación

⁵Tipos de cementos, fecha de consulta: 10 abril 2018, fuente: <http://www.tipos.co/tipos-de-cemento/>.

⁶ Especificaciones bajo la jurisdicción del comité ASTM C01 sobre cemento y la dirección del subcomité C01.10 sobre cemento hidráulico.

- Tipo LH—bajo calor de hidratación

En México la norma NMX-C-414- ONNCCE “Industria de la Construcción— Cementos Hidráulicos— especificaciones y métodos de prueba”⁷ establece seis tipos de cemento:

- CPO cemento Portland ordinario, se compone principalmente de Clinker portland más yeso y un 5% de adiciones como puzolanas, escoria, humo de sílice y caliza.
- CPP Cemento Portland puzolánico, contiene del 6% al 50% de puzolana en el total del volumen del cemento.
- CEPG Cemento Portland con escoria de alto horno, contiene del 6% al 60% escoria granulada de alto horno.
- CPC Cemento Portland Compuesto contiene Clinker, yeso y dos o más adiciones como puzolanas, humo de sílice o caliza.
- CPS Cemento portland con humo de sílice, contiene del 1% al 10% de humo de sílice.
- CEG Cemento con Escoria de Alto horno, contiene del 61% al 80% de escoria.

⁷ Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE) ficha técnica: cemento Hidráulico, Febrero 2005.

Los cementos tienen características especiales y pertenecen a una clase resistente como son:

Características Especiales del Cemento Portland	
<i>Clase Resistente</i>	<i>Características Especiales</i>
20	RS Resistencia a los Sulfatos
30	BRA Baja Reactividad de Alkali Agregado
30 R	BCH Bajo Calor de Hidratación
40	B Blanco
40 R	

Tabla 2. Características Especiales del Cemento Portland. Fuente: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la construcción y Edificación (ONNCCE).

Donde R se refiere a un cemento con resistencia rápida, Según las necesidades del proyecto los cementos pueden requerir de una o más características especiales, por lo que pueden ser requerido un CPO RS, que es un cemento Portland Ordinario resistente a los sulfatos, o bien, un CPO B, un cemento Portland ordinario blanco.

Comparación de Normas ASTM y NMX	
<i>ASTM C-150</i>	<i>NMX-C-414</i>
5 tipos de cemento	6 tipos de cemento
Se dividen en cementos hidráulicos	Se dividen en clases resistentes
Establece los requerimientos físicos y químicos que debe contener el cemento Portland	Resistencia a 28 días en cemento tipo II debe ser 30 N/mm ²

Tabla 3. Comparación de normas ASTM Y NMX Fuente: elaboración propia

1.1.4 MARCAS Y BANCOS DE CEMENTO REGIONALES

Actualmente en la ciudad de México se comercializan 5 marcas de cemento (Tabla 4) las cuales surten sus insumos de las plantas aledañas a la región ubicadas en los estados de Hidalgo, Puebla, Estado de México y Veracruz. De acuerdo con las casas de materiales, el principal cemento que distribuyen es el CPC 30R RS Cemento Portland Compuesto 30R RS.

Bancos de Cemento Portland				
<i>Cementos</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Tipo</i>	<i>Submarca</i>	<i>Ubicación</i>
Marca 1	CPO,CPC	II	Tolteca	Torreón, Coahuila
	CPC,CPP	II	Tolteca	Tlanepantla, Estado de México
	CPC	II	Tolteca	Atotonilco, Hidalgo
	CPP,CPC	II	Tolteca	Cuautinchàn, Puebla
	CPC	II	Tolteca	Ciudad Valles, San Luis potosí
Marca 2	CPO,CPC	II	N/A	Tecomàn, Colima
	CPO,CPC	II	N/A	Acapulco, Guerrero
	CPO,CPC	II	N/A	Apaxco, Estado de México
	CPO,CPC	II	N/A	Ramos Arzipe, Coahuila
	CPO,CPC	II	N/A	Ixtaczoquitlàn, Veracruz
Marca 3	CPC,CPP,CPO	II	N/A	Santiago de Anaya, Hidalgo
	CPC,CPP,CPO	II	N/A	El Refugio Atotonilco, Hidalgo
	CPC,CPP,CPO	II	N/A	Atotonilco de Tula, Hidalgo
Marca 4	CPC,CPP,CPO	II	N/A	Tula de Allende, Hidalgo
	CPC,CPP,CPO	II	N/A	Palmar del Bravo, Puebla
	CPC	II	N/A	Tepetzingo,Morelos
Marca 5	CPC	II	N/A	Cerritos,San Luis Potosì
	CPC	II	N/A	Apazapan, Veracruz

Tabla 4. Fuente: elaboración propia con datos de la Cámara Nacional del Cemento (CANACEM) fecha de consulta: 20 de abril 2018

Ubicación de las plantas cementeras en la zona centro de la República mexicana

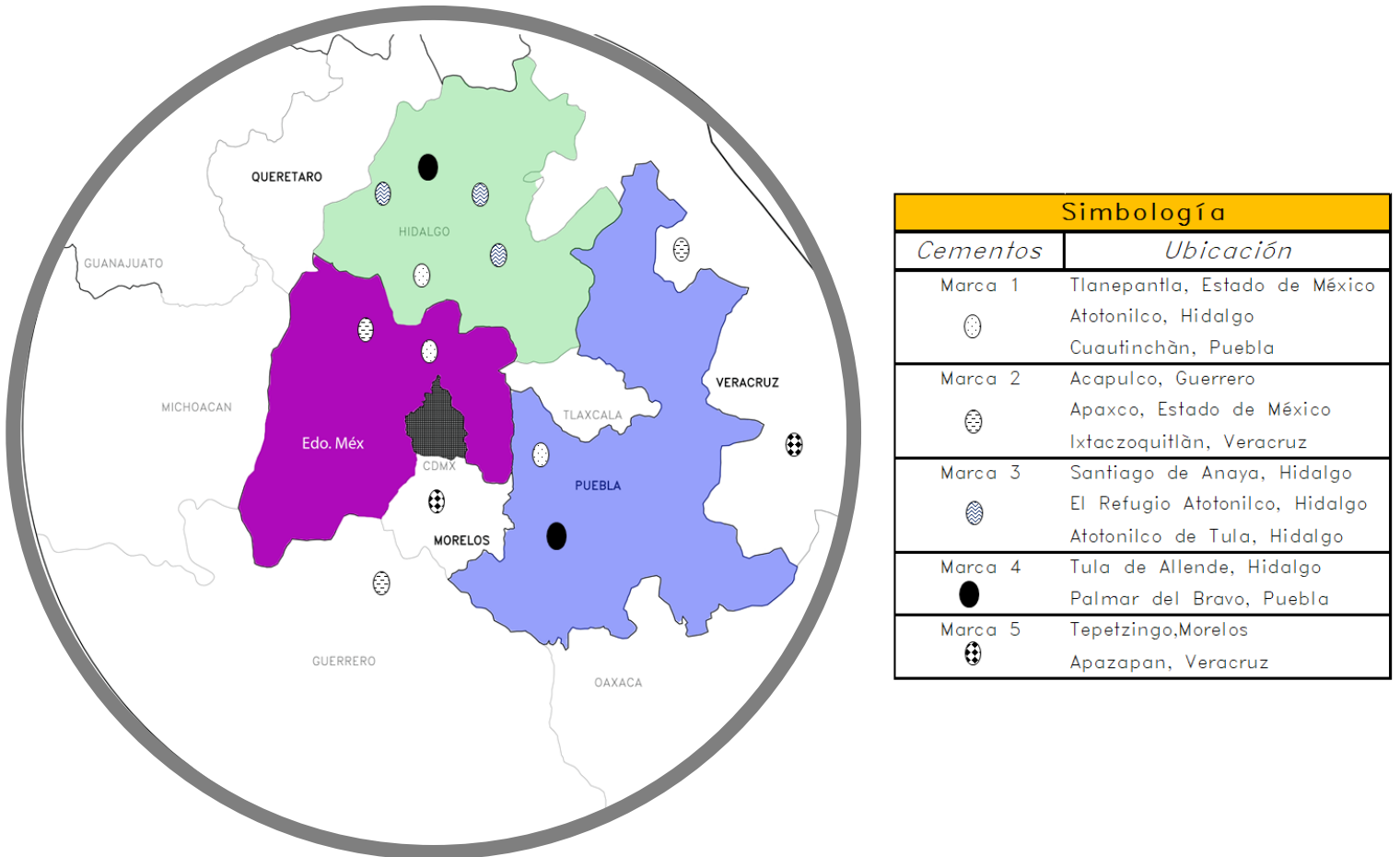


Imagen 3. Fuente: elaboración propia con datos de la CANACEM

CAPÍTULO 2

PASTAS Y MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND

2.1 DEFINICIÓN DE PASTAS

La pasta es una red de partículas de cemento en combinación con agua. Cuando fragua, es decir, al terminar un período de horas durante el cual la pasta permanece plástica, se tiene como periodo de trabajabilidad 45 min a máximo 10 horas, después de concluir este tiempo el conjunto adquiere rigidez y sus cambios de volumen son pequeños.

Las reacciones químicas entre el agua y el cemento originan dos nuevos componentes sólidos: El hidróxido cálcico y el gel de cemento. Este cuantitativamente es predominante. Powers⁸ atribuye al gel un contenido de $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Menciona el importante papel que juegan, tanto el Aluminio como el Hierro en las velocidades de reacción, pero, bajo un punto de vista estructural, sólo considera el silicato antes indicado. Físicamente, el gel está compuesto de partículas con un bajo diámetro y espacios.

2.2 DEFINICIÓN DE MORTERO Y SUS PROPIEDADES

Los morteros son mezclas plásticas aglomerantes, que resultan de la combinación de arena y agua con un cementante como puede ser cemento, cal, yeso o una mezcla de estos materiales⁹, de acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta o elaborados en obra.

⁸ Hidratación del cemento portland, consultado 30 sept 2018, fuente: <http://bdigital.unal.edu.co/52375/9/43639741.2016-anexosabc.pdf>

⁹ Calidra, Que es el mortero y como funciona. Consultado: 25 de abril 2018, fuente: <http://calidra.com/usodelacal/mortero/>

La utilización de los morteros es amplia, se destaca en pegado de mampostería, acabados o aplanados, recubrimientos y pegado de piezas diversas.

Las propiedades que se pueden encontrar en los morteros son:

- **Fluidez:** medida de la consistencia del mortero fresco y permite medir la plasticidad y trabajabilidad. La trabajabilidad es la propiedad del mortero de ser distribuido fácilmente en la superficie de trabajo, nivelar y alinear.
- **Retención del agua:** es la habilidad que posee el mortero, sometido a succión de piezas absorbentes, de retener el agua de su mezcla. Un mortero con baja retención de agua tiene poca adherencia con las piezas.

2.3 CLASIFICACIÓN DEL MORTERO

La norma mexicana NMX-C-486-ONNCE-2014¹⁰ “Mortero para uso estructural” clasifica los morteros en tres tipos:

- Por su fabricación: hecho en obra o industrializado
- Por su uso: para pegar piezas o para relleno
- Por su resistencia a la compresión: tipo I, tipo II, tipo III

Existen otros tipos de clasificación según el material cementante empleado en su fabricación:

¹⁰ Mortero para uso estructural, ed., IMCYC (instituto mexicano del cemento y concreto, A.C.), Norma Mexicana NMX-C-486-ONNCE-2014, número 94.

- Morteros de cal: mezcla de cal, agua y arena. La cal puede ser hidráulica si se necesita que fragüe en el agua o aérea para fraguar al contacto con el aire.
- Mortero de cemento: mezcla de cemento, agua y arena. Dependiendo del uso que se le dé, se le puede adicionar arena fina y mayor o menor cantidad de cemento.
- Mortero de cemento– cal: intervienen dos materiales cementantes.

Otros tipos de mortero según su uso pueden ser:

- Mortero para asentar mampostería
- Mortero para pegar acabados
- Mortero impermeabilizante
- Mortero para reparaciones

2.4 MATERIALES COMPONENTES DEL MORTERO

Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras arquitectónicas, pues ocupan allí un volumen muy importante. Por ejemplo, el volumen de los agregados en el concreto hidráulico es de un 65% a 85%, en el concreto asfáltico es del 92% al 96%, en los pavimentos del 75% al 90%.¹¹

¹¹ El concreto y otros materiales, consultado:20 mayo 2018
https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37000842/9589322824_Parte1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1527530540&Signature=Vo8cg5vo89MP3%2FoC%2FGtQbzAktoc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEL_CONCRETO_Y_OTROS_MATERIALES_PARA_LA_C.pdf

Por lo cual es importante tener en cuenta sus propiedades y características físicas y de esta manera llevar una aplicación eficiente en los materiales de construcción.

Los agregados se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Agregado árido: conjunto de materiales de composición mineral, naturales o artificiales, generalmente inertes.
- Agregado grueso o grava: material retenido en el tamiz No. 4, con un tamaño entre 7.6 cm y 4.76 mm.
- Agregado fino o arena: material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 0.074 mm.
- Finos: son partículas pasantes del tamiz No. 200 con tamaños entre 0.074 mm y 0.002 mm.
- Sucio de río: término empleado para denominar en su totalidad el material de arrastre de un río sin separación de tamaños, y tal como se puede extraer de un depósito natural.
- Gravilla: material de río o de cantera, separado en la fuente en tamaños pasantes del tamiz 3/4" y retenido en el No.4, con tamaños entre 19.1 mm y 4.76 mm.
- Cascajo: hace referencia exclusivamente al agregado rodado pasante del tamiz 1 1/2" y retenido en el tamiz No.4, con tamaños entre 38.1 mm y 4.76 mm.

2.4.1 ARENA

En el mortero de cemento las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, forma y textura de las partículas, así como el contenido de materia orgánica, tienen un papel importante en la calidad que presenta. En algunas ocasiones se emplea arenas con ligeros contenidos de limo o arcilla para dar al mortero una mejor trabajabilidad, sin embargo, fabricarlos con este tipo de arena puede reducir su resistencia.

La arena es un agregado fino de uso para la construcción, puede presentar diversas características de acuerdo con su constitución, cuando la arena está constituida por partículas pequeñas de rocas trituradas en especial cuando se trata de rocas silíceas, su uso frecuente será para la elaboración de mortero y concreto. Cuando la Arena es gruesa se utiliza con gravilla para la fabricación del concreto para pisos. Y si la Arena es fina, el uso más común es para los trabajos generales de construcción o albañilería, y trabajos de mampostería.

El principal componente de la arena es el sílice o dióxido de silicio (SiO_2), puede extraerse de los ríos o lagos. En algunas ocasiones se encuentra en los depósitos volcánicos o puede provenir a partir de roca triturada por medios mecánicos.

En general, la propiedad fundamental de la Arena proviene de su capacidad para reducir las fisuras que aparecen en la mezcla al endurecerse. Los granos de arena normalmente están formados por partículas entre los 4.75 y 0.075 mm.

Arenas			
Ubicación	Tipo de Arena	Plantas (Municipio)	Nombre de la Planta
Ciudad de México	sin datos	Zona Poniente cuajimalpa	Arenera Mexicana SA de CV
Querétaro	sin datos	Ezequiel Montes	Cal Los arcos, SA de CV
	sin datos	San Juan del Río	Trituraciones La Mora SA de CV
Jalisco	sin datos	Tecolotlán	Cal fina SA de CV
	Arena de Mármol	Zapopan Jalisco	Calcio y Marmolinas SA de CV
Nuevo León	Arena 5, 4 especial y 4 normal	Municipio Gral. Escobedo	Calizas Trituradas Industriales
Baja California	sin datos	Tijuana	Extracciones pétreas las Delicias SA de CV
Veracruz	sin datos	Municipio Chinameca	Gravas del sureste SA de CV
	sin datos	Acajete	Planta de Trituración Vignola
	sin datos	Acajete	Triturado La Joya SA de CV
Estado de México	sin datos	Ixtapaluca	Trituradora Loma Ancha SA de CV
	sin datos	Ixtapaluca	Arenera El Milagro SA de CV
	sin datos	Tepoztlán	Arenera La Fe SA de CV
	sin datos	Texcoco	Agregados como SA de CV
	sin datos	Texcoco	Gravasa SA de CV
	sin datos	Chicolopan	Triturados del Valle de México SA de CV
Hidalgo	sin datos	Tula de Allende	Cooperativa Bomínza
	sin datos	Zimapán	Calizas y Carbonatos Rossin
	sin datos	Progreso de Obregón	Industria Dayi SA de CV
	sin datos	Sabinas Hidalgo	Cia. Minera Nacional de Arenas Santa Clara SA de CV
Puebla	sin datos	Tzicatlacoyan	Imisa Agregados Pétreos SA de CV
Morelos	sin datos	Puente de Ixtla	Minerales San Antonio SA de CV

Tabla 5. Bancos de Arena en la zona metropolitana de México. Fuente: elaboración propia con datos según el sistema de Administración Minera.

Como se muestra en la Tabla 5, En México podemos encontrar diversos bancos de extracción de agregados finos y gruesos, de los cuales se surte el agregado fino utilizado en construcciones para la Ciudad de México.

2.4.2 AGUA

El agua es un ingrediente clave de las pastas, morteros y concretos, pues las fases del cemento portland tienen que reaccionar químicamente con el agua para desarrollar resistencia. La cantidad de agua adicionada a la mezcla también controla la durabilidad, elemento de especial cuidado debido al importante papel que desempeña como agua de mezclado y agua de curado¹².

El agua para la mezcla tiene como principal función:

- Reaccionar con el cemento, produciendo su hidratación
- Actuar como lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad.
- Asegurar el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación.

Una consideración que debe tenerse presente para una mezcla óptima es que el agua empleada sea potable, si el agua no tiene olor, color, no es gaseosa o espumosa al agitarse, reduce las probabilidades de generar daños en la mezcla.

El agua de curado se emplea para mantener un ambiente favorable para la continuación de las reacciones químicas en la mezcla, es

¹² Carrasco, F. Tecnología del hormigón— ingeniería civil, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad regional santa fe.

importante el curado en los primeros días, ya que es cuando la estructura interna de la mezcla permite adquirir resistencia e impermeabilidad.

A medida que la relación agua-cemento aumenta, la porosidad aumenta y la resistencia disminuye¹³. El agua en los materiales cementantes se encuentra en diversas formas:

- Agua libre es el agua de la mezcla que no reaccionó con las fases del cemento.
- Agua retenida es la químicamente combinada en las fases solidas o físicamente adherida a las superficies del sólido.

Para la completa hidratación del cemento portland, solo aproximadamente 40% de agua es necesaria. Si la relación agua-cemento es mayor que 0.40, el exceso del agua que no se utiliza para la hidratación permanece en los poros capilares o se evapora. Si la relación agua-cemento es menor que 0.40, parte del cemento va a permanecer anhidro¹⁴.

2.5 MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND

Cuando se requieren altas resistencias iniciales (resistencias elevadas una vez que el mortero ha endurecido) se pueden usar como aglomerantes los cementos naturales o cementos portland.

¹³ Neville, A.M & Brooks, JJ (2010) Concrete Technology, Londres Pearson.

¹⁴ Vargas S.B. Modificación de las propiedades Mecánicas del Mortero, UNAM,2017

Sus condiciones de trabajabilidad varían de acuerdo con la proporción cemento–Arena (c/a) usada.

El mortero de cemento está constituido por un esqueleto de granos de arena. Con el cemento se pretende darle una soldadura, de manera tal, que cada grano quede cubierto por una fina capa de pasta de cemento. El mortero deberá formar una masa homogénea y compacta, las características de la arena tales como la granulometría, el módulo de finura, la forma y la textura deben ser las adecuadas para lograr un acomodamiento de partículas que permita un menor consumo de cemento.

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1 MÉTODO EXPERIMENTAL

En el siguiente diagrama se describe el procedimiento experimental para la realización de la investigación, se toma como zona representativa del área de estudio, La Ciudad de México. Inicialmente se evaluaron las 5 marcas de cemento que se comercializan en la zona centro del país, con los resultados obtenidos se eligen 3 marcas para la elaboración de mezcla de morteros con 3 tipos de arena de construcción: arena de río, arena rosa y arena de mina definidas por su comercialización en la ciudad de México, ya que los bancos de extracción se encuentran en la zona metropolitana y estados colindantes.



Imagen 7. Elaboración de mezcla de pasta de cemento para conocer la trabajabilidad de cada marca de cemento.

Ruta Experimental empleada.

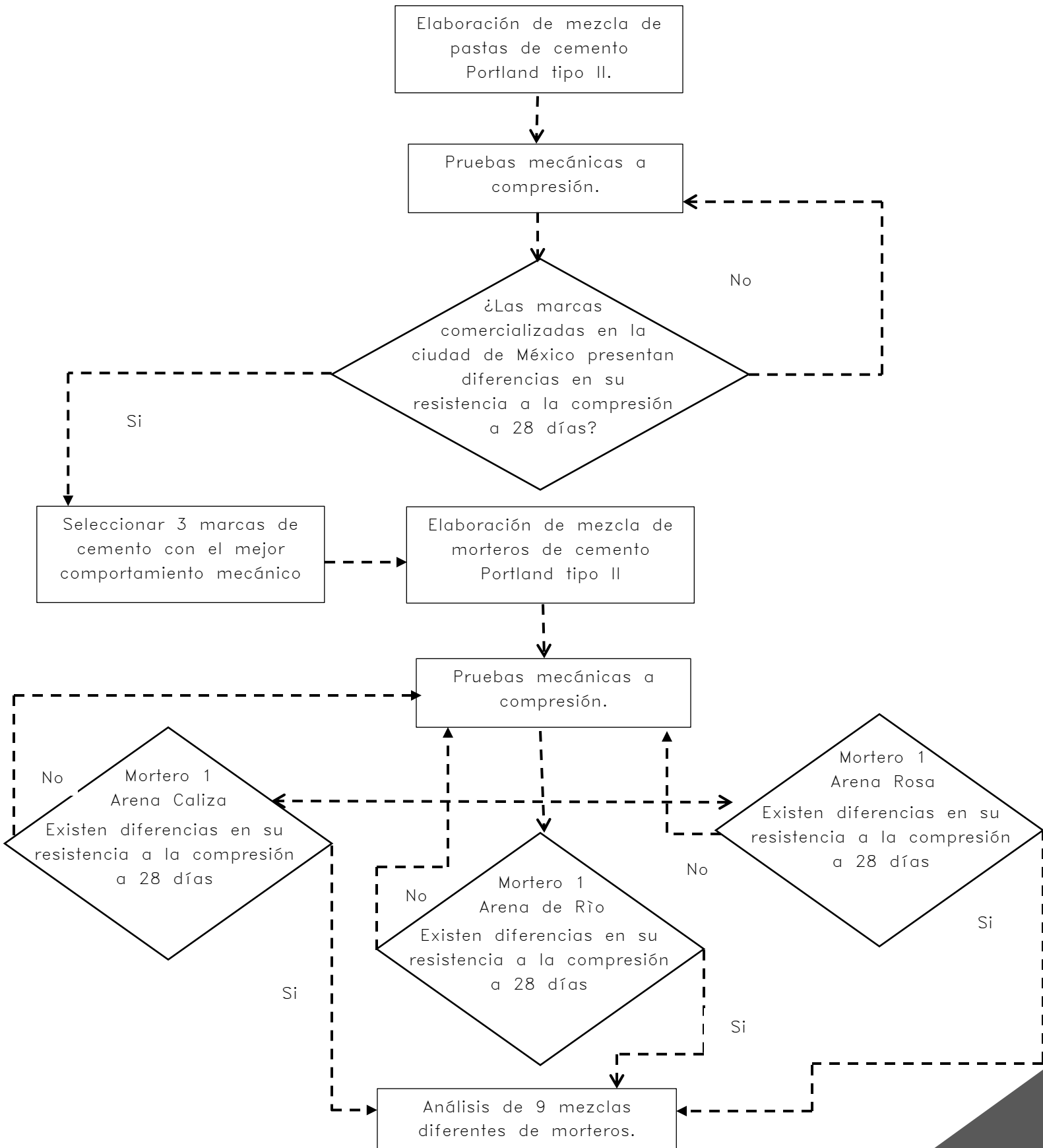


Diagrama 1. Ruta Experimental Fuente: elaboración propia

3.2 MATERIALES EMPLEADOS

3.2.1 cemento portland

Se decidió analizar las 5 diferentes marcas de cemento que se distribuyen en la ciudad de México según la CANACEM; de las cuales se adquirió un bulto de 50 kg de cemento portland compuesto tipo II 30R RS el cual cumple con las especificaciones marcadas en la Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCE “Industria del cemento de la construcción– Cementos hidráulicos–Especificaciones y métodos de prueba y la norma norteamericana ASTM C-1157 “Especificación Normalizada de Desempeño para cemento Hidráulico.



Imagen 7. Momento en el cual se abrieron los bultos de cemento y se tomaron las muestras para la experimentación.



Imagen 8. Empaquetamiento de los cementos después de utilizar la cantidad necesaria para la experimentación.

Especificaciones del cemento de acuerdo a la información que proporcionan cada uno.

La siguiente información describe las características que cada bulto de cemento empleado en la experimentación debe tener, según los datos proporcionados en su página de consulta web.

MARCA 1: el cemento portland compuesto tipo II 30R RS tiene características de reducción de grietas generadas por contracción plástica, brinda mayor cohesión, adherencia y trabajabilidad a las mezclas de concreto y reduce su sangrado y segregación.

MARCA 2: el cemento portland compuesto tipo II 30R RS rinde más ya que produce mayor volumen de concreto por bulto, facilita el trabajo en el momento de realizar la mezcla y garantiza mayor calidad y durabilidad.

MARCA 3: El Cemento Portland Compuesto clase resistente 30 de resistencia rápida (CPC- 30 R) es apto para la construcción de elementos estructurales donde no se necesita algún requisito con característica especial, desarrollando un buen desempeño de fraguado, resistencia y rendimiento.

MARCA 4: Es un producto que, gracias a la calidad del Clinker, así como del estricto control de calidad en la selección de sus materiales, mediante nuestro Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9001:2008 y la certificación de producto ONNCCE, te garantizan mayor durabilidad, cero inversiones en trabajos de impermeabilización y menor costo de mantenimiento.

MARCA 5: Cemento Portland Compuesto (CPC 30 R RS), cumple con las especificaciones de calidad establecidas en la Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-. Debido a su formulación, permite elaborar concretos con resistencias iniciales altas, por lo que se pueden optimizar los tiempos de fabricación de los productos de concreto.

3.2.2 Agua

El agua empleada para la mezcla de pastas y morteros de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-C-122-ONNCCE-2004 debe ser agua requerida para el consumo humano, libre de residuos orgánicos y contaminantes. En este caso y de acuerdo con “Muciño Vélez, A. (2010) el agua desionizada es aquella de la cual se han eliminado cationes como los sodios, calcio, hierro, cobre, etc., y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, etc., puede eliminar efectos que pueden tener otros iones en la mezcla de pasta durante el proceso de hidratación. (p.40)” por lo cual fue el agua empleada en las mezclas durante la experimentación.



Imagen 9. Envase de agua utilizada en la experimentación.



Imagen 10. Pesaje de agua para realizar las mezclas de pastas.

3.2.3 Arena

Se utilizaron 3 tipos de arenas para la elaboración de mezcla de morteros, Arena Rosa, Arena de mina y Arena de rio con una granulometría de 0.5 mm. De esta manera se obtuvieron los datos para realizar la comparación del comportamiento mecánico de las diferentes marcas con los tipos de arena empleados.

Imagen 11. Arena de Río



Imagen 12. Arena de Mina



Imagen 13. Arena Rosa



Características:

Arena de rio: agregado fino utilizado para mezclas de concreto y morteros de pega, contiene terrones de arcilla, tiene una absorción de agua máxima de 4%, concentra cantidades de cuarzo y piedra de gran dureza, su granulometría se encuentra entre 0 y 3–4 mm.

Arena de mina: árido procedente de triturar rocas calizas, material que no contiene arcillas, su granulometría ronda de los 0–2 y 5 mm, apta para la elaboración de concretos y morteros.

Arena Rosa: se encuentran en el interior de las capas de la tierra sin visibilidad superficialmente, pueden obtenerse mediante excavación, contiene óxido de hierro su granulometría se encuentra entre 0 y 4 mm.

3.3 ELABORACIÓN DE MUESTRAS

Para la elaboración de las probetas que fueron sometidas a pruebas mecánicas (resistencia a compresión) se colaron las mezclas en moldes cúbicos de 3 cm x 3 cm (imagen 8), realizados en acrílico transparente, las medidas fueron adaptadas con base en la norma ASTM C-109, cumpliendo con la geometría y la cantidad mínima de probetas para la experimentación. Los moldes se pegaron con silicón sobre vidrio y lubricados con petrolato para facilitar el desmolde.

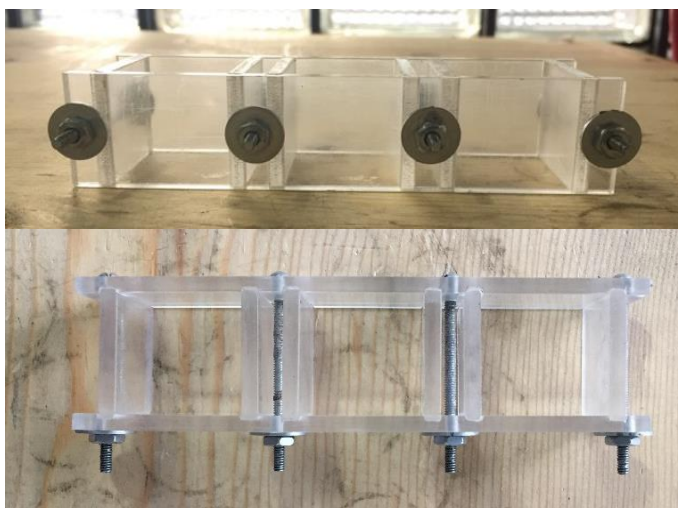


Imagen 14. Molde para colado de mezclas de pastas y mortero.

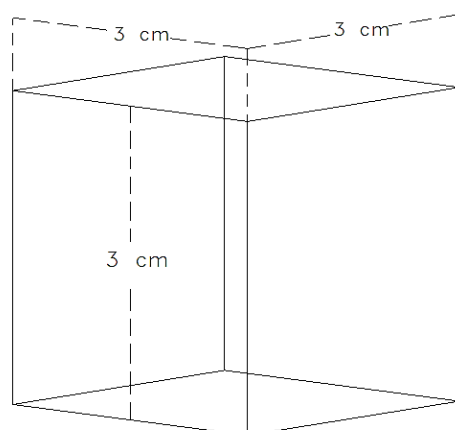


Diagrama 3. Dimensionamiento de una probeta para realizar las pruebas mecánicas.

3.3.1 MEZCLA DE PASTAS

Para la evaluación de la resistencia a la compresión en las mezclas elaboradas de pasta de cemento portland tipo II 30R RS se realizó un diseño de mezcla con base en la norma ASTM C-109 “Método de prueba para la resistencia a compresión en morteros de cemento hidráulico”. Se realizó una adecuación a la norma para redimensionar los moldes y cumplan con las proporciones y geometría establecida.

La mezcla se realizó con una relación de agua/cemento 0.485, es decir; que por cada gramo de cemento utilizado se necesitó 0.485 gramos de agua. Para llenar un molde se necesitó 27 gramos de mezcla, la cual se elaboró con 45 gramos de cemento y 21.825 gramos de agua. La norma establece que mínimo se deben testar 3 probetas por día de prueba, en este caso se realizaron pruebas a 3,7,14,28,37 y 91 días por lo cual se colaron 5 probetas por día de ensayo; resultando en 30 probetas por marca de cemento evaluada.

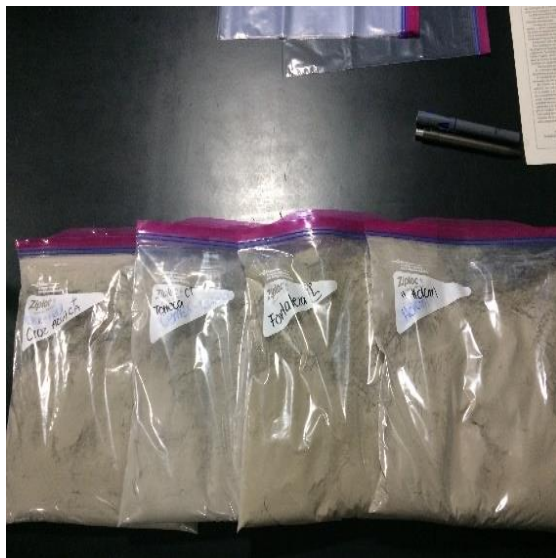


Imagen 15. Empaquetado de cemento utilizado en las mezclas de pastas. Se almacenó en bolsas ziploc para mantenerlos libre de humedad, basura y polvo.

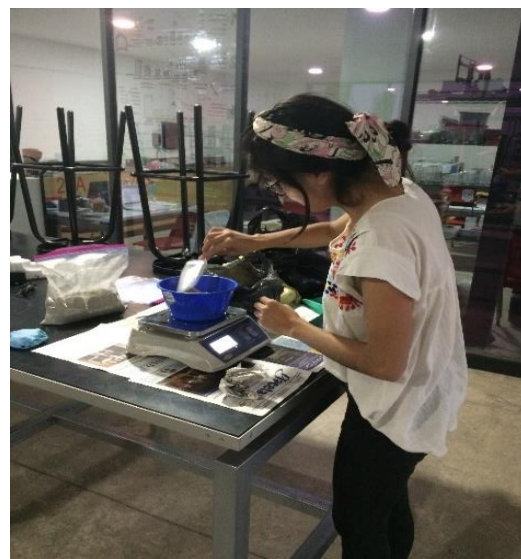


Imagen 16. Pesaje de cemento Portland necesario para las mezclas de pastas.

3.3.2 MEZCLA DE MORTEROS

Para la evaluación de la resistencia a la compresión en las mezclas de morteros de cemento portland tipo II 30R RS y las 3 diferentes arenas, Se realizó un diseño de mezcla con base a la norma ASTM C-109 "Método de prueba para la resistencia a compresión en morteros de cemento hidráulico". La norma establece una proporción de arena de 2.75 y una relación de agua/cemento (a/c) 0.485. Se utilizaron los moldes establecidos para la evaluación de las pastas especificados en el apartado 3.3 (elaboración de muestras).

Para llenar un molde se necesitó 27 gramos de mezcla, la cual se elaboró con 10 gramos de cemento y 40 gramos de arena, el agua empleada se proporcionó de la siguiente manera:

Relación de Agua			
ARENA ROSA	ARENA DE MINA	ARENA DE RIO	CEMENTO
R/A	R/A	R/A	
.9	.9	.7	Marca 4
.8	.8	.7	Marca 1
.9	.7	.7	Marca 5

Tabla 5. Relación de agua empleada en mezcla de Morteros.
Fuente: elaboración propia

La norma establece testar 3 probetas por día de prueba, en este caso se realizaron pruebas de 7,14 y 28 días por lo cual se colaron 5 probetas por día de ensayo: resultando 15 probetas por tipo de arena y cemento evaluado.



Imagen 17. Muestras de morteros, en el momento de desmolde, después del día de colado.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS MECÁNICAS



4.1 PRUEBAS MECÁNICAS

Las pruebas mecánicas consisten en pruebas físicas que tienen como objetivo determinar la resistencia y deformación de un material ante un esfuerzo a compresión. Para determinar la resistencia a la compresión las pruebas se llevan a cabo en una prensa hidráulica o mecánica (máquina de pruebas universales), aplicando una carga a una velocidad constante y uniforme sobre las muestras, como se indica en la norma ASTM C 109 “Estándar Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars” (Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de Morteros de cemento hidráulico) se deben testear mínimo 3 probetas, obteniendo los resultados expresados en términos de esfuerzo como Mega pascales (MPa).

Las probetas deben estar centrados en la máquina de pruebas y cargados hasta completar la ruptura, la resistencia se calcula dividiendo la máxima carga soportada entre el área promedio de contacto en la probeta ($E = P/A$), donde P es expresada en KN y A en mm^2 .



Imagen 18. Máquina de pruebas universales, Laboratorio de Materiales y Sistemas Estructurales, Facultad de Arquitectura UNAM.

4.2 PRUEBA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'C) EN PASTAS.

La adquisición de resistencia mecánica de la pasta de cemento conforme endurece es una consecuencia inmediata del proceso de hidratación de los granos de cemento, este proceso se desarrolla con rapidez durante las primeras semanas a partir de la elaboración de la pasta.¹⁵La norma ASTM C109 “Estándar Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars” (Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de Morteros de cemento hidráulico) recomienda testar a los 3, 7, 28 y 37 días de edad de cada probeta, sin embargo, el desarrollo de la hidratación de cada pasta de cemento, es decir la cantidad de gel producido depende del tiempo transcurrido por lo cual su resistencia seguirá incrementando¹⁶ y los datos de referencia para pruebas mecánicas de resistencia pueden ser evaluadas hasta los 91 días de edad de cada probeta.



Imagen 19. Probeta de pasta de cemento durante el proceso de prueba y después de la prueba.

¹⁵ Comisión Federal de Electricidad, Manual de tecnología del concreto, Ed. Limusa, México 1994. Pag 12.

¹⁶ Comisión Federal de Electricidad, Manual de tecnología del concreto, Ed. Limusa, México 1994. Pag 14

4.3 PRUEBA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN (F'c) EN MORTEROS.

La forma de evaluar la resistencia del mortero es a través de pruebas mecánicas, las cuales permiten analizar la variación de la resistencia bajo cargas uniformes, la resistencia de los morteros se desarrolla principalmente por la hidratación del cemento, la estructura que se logra, integrada por los granos de arena rodeados en la pasta de cemento endurece formando una piedra artificial. La resistencia del mortero se relaciona con la cantidad de agua presente en la mezcla, a manera que aumenta la relación de agua/cemento la resistencia del mortero disminuye. En la norma ASTM C109 se recomienda testar a los 3,7 y 28 días de edad de cada probeta.



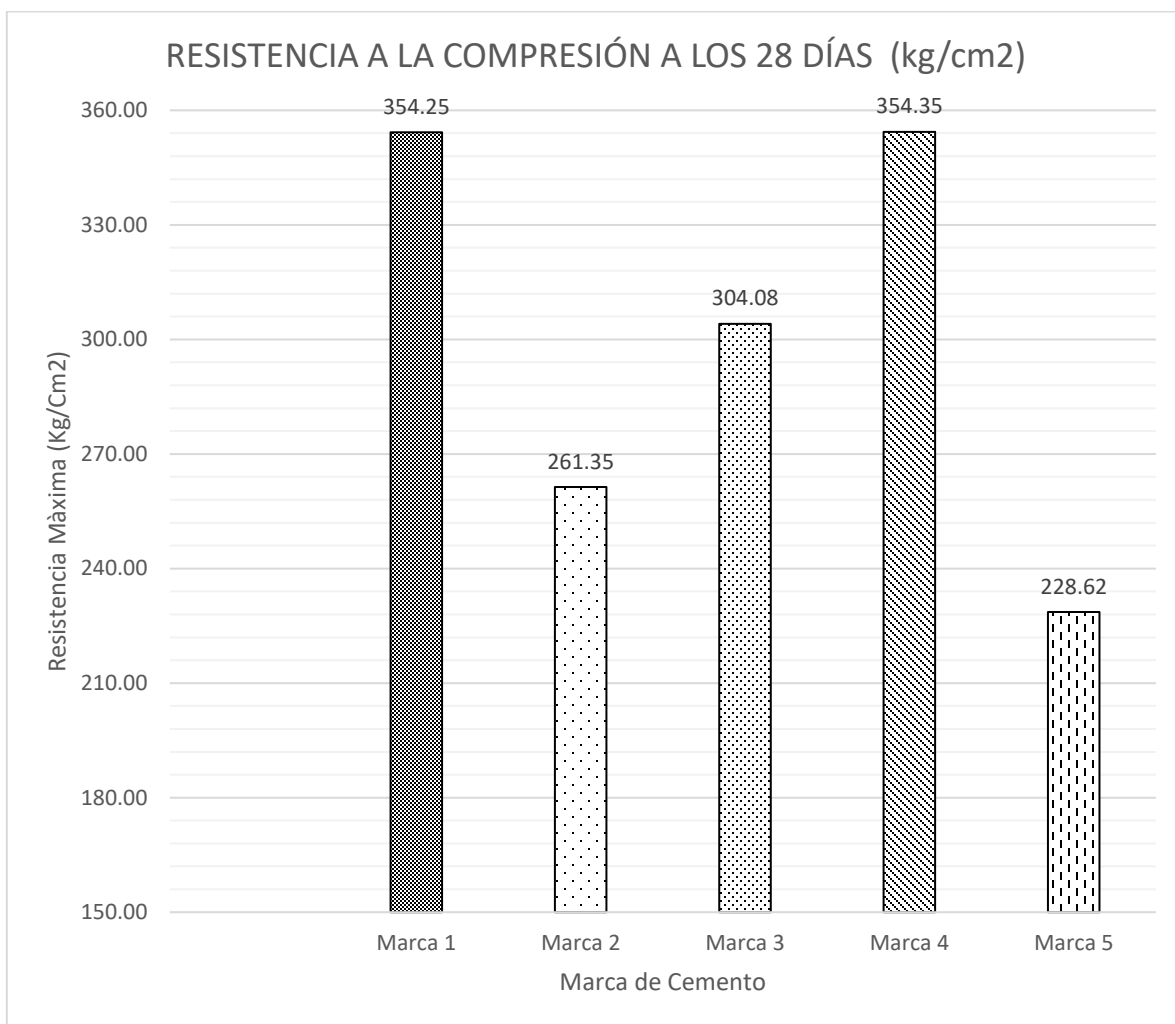
Imagen 20. Muestras de Mortero y arena de río después de la prueba de compresión.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 PRUEBA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN DIFERENTES MEZCLAS DE MORTEROS.

En la siguiente grafica se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión de las 5 marcas utilizadas para la elaboración de las pastas de cemento, se midió la resistencia a los 3,7,14,28 días como se indica en la norma ASTM-C-109 "Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar."



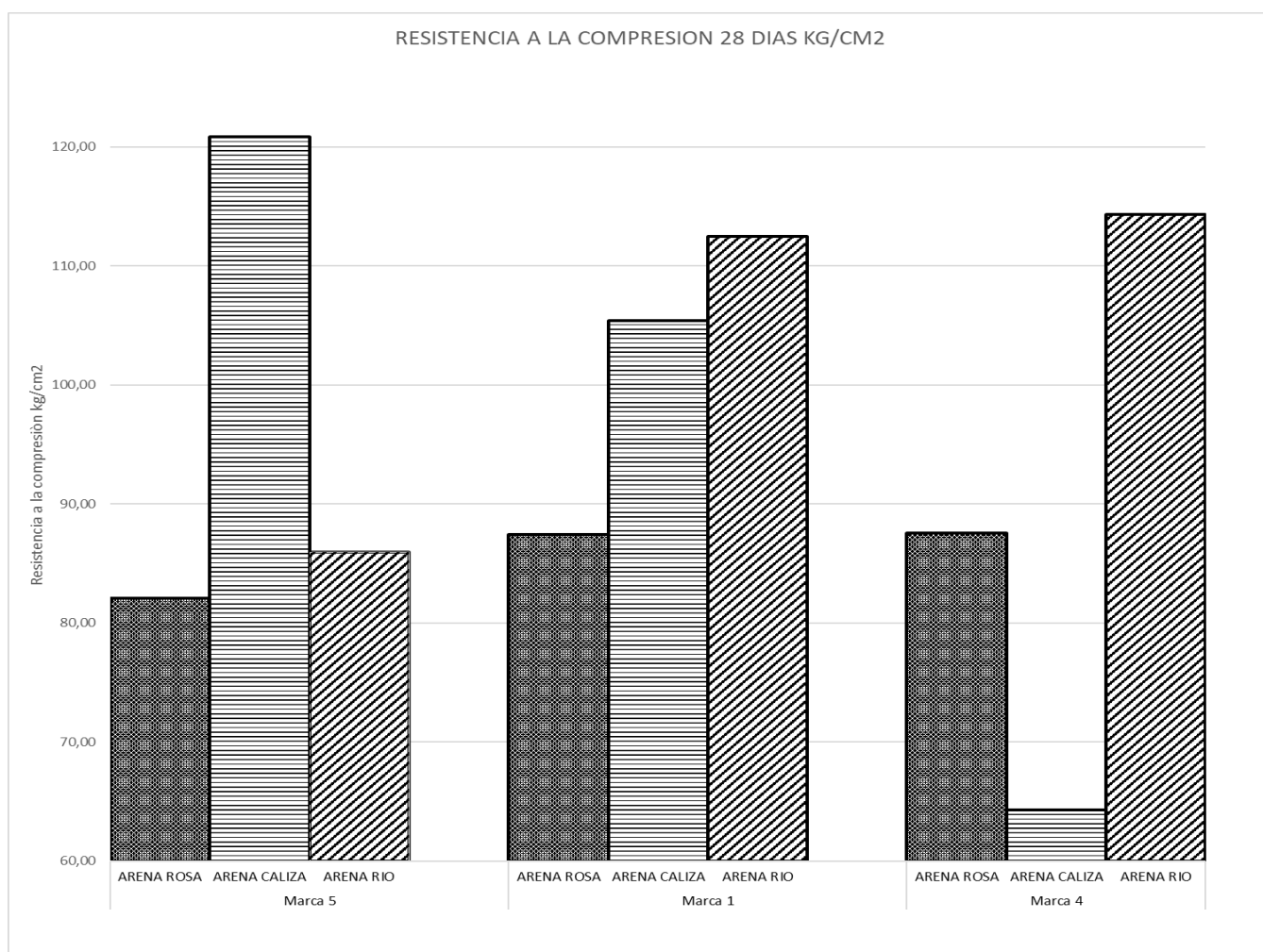
Gráfica 1. Resistencia a la compresión en 28 días, datos obtenidos con el promedio de testar 5 probetas. Fuente: elaboración propia.

La norma establece que por cada día de prueba deben ser testadas 2,3 o más probetas, para la experimentación se testaron 5 probetas por día y se realizó un promedio (como se muestra en la tabla 6) con los 3 mejores datos para poder determinar 3 marcas de cemento que se utilizaron para la mezcla de morteros (los datos sombreados fueron eliminados).

Resistencia a la compresión en Pastas de Cemento Portland			
Marca	Prueba	Esfuerzo en MPa	Esfuerzo Máximo MPa
Marca 1	P28ACT	30.67	34.74
	P28BCT	29.86	
	P28CCT	34.43	
	P28DCT	35.30	
	P28ECT	34.49	
Marca 2	P28AH	25.45	25.63
	P28BH	22.22	
	P28CH	26.24	
	P28DH	22.09	
	P28EH	25.22	
Marca 3	P28AF	29.75	30.51
	P28BF	33.86	
	P28CF	29.19	
	P28DF	31.27	
	P28EF	30.52	
Marca 4	P28ACA	36.87	34.75
	P28BCA	34.54	
	P28CCA	35.91	
	P28DCA	33.82	
	P28ECA	27.76	
Marca 5	P28AM	22.20	25.17
	P28BM	21.81	
	P28CM	26.60	
	P28DM	25.64	
	P28EM	23.27	

Tabla 6. Tabla de resistencias obtenidas en el testeo de 5 probetas a los 28 días. Fuente: elaboración propia.

Los cementos utilizados para la mezcla de morteros fueron: Marca 1, Marca 4 y Marca 5, ya que, como se puede observar en la tabla muestran datos con variaciones mínimas. En algunos casos se puede apreciar que la resistencia es mayor pero la variación entre los 3 datos elegidos para determinar el promedio difiere en un rango de 3 a 4 MPa; estas variaciones pueden deberse a variables que afectaron la mezcla, por ejemplo, la humedad del sitio donde se almacenaron, la cantidad de burbujas de aire que quedaron en el interior de las probetas o alguna falla en la máquina de pruebas, etc. A continuación, se muestra una gráfica con los datos obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión en morteros, se testaron 5 probetas por día y se promediaron los 3 datos con mínimas variaciones entre sí. Se probaron en 3,7,14 y 28 días.



Grafica 2. Resistencia a la compresión de mezcla de morteros a los 28 días de prueba, promedio de 5 probetas testadas. Fuente: elaboración propia.

En la tabla 7 se muestran los datos obtenidos en las pruebas de compresión y los datos obtenidos para la elaboración de las mezclas de mortero, se puede apreciar la cantidad de arena y cemento utilizada en gramos y la relación de agua-cemento.

Datos para la elaboración de Mortero						
Marca	Arena	Relación agua	Relación c/a	Cantidad de cemento grs	Cantidad arena grs	Resistencia a la compresión 28 días kg/cm ²
Marca 5	ARENA ROSA	0.9	2.75	200	550	82,106
	ARENA CALIZA		2.75	200	550	120,808
	ARENA RIO		2.75	200	550	85,968
Marca 1	ARENA ROSA		2.75	200	550	87,445
	ARENA CALIZA		2.75	200	550	105,405
	ARENA RIO		2.75	200	550	112,492
Marca 4	ARENA ROSA		2.75	200	550	87,544
	ARENA CALIZA		2.75	200	550	64,301
	ARENA RIO		2.75	200	550	114,339

Tabla 7. Datos utilizados para la elaboración de las mezclas de mortero y el promedio de las 5 probetas testadas a los 28 días de prueba. Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES



6.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El estudio de las marcas distribuidas en la ciudad de México se realizó a partir del método experimental para poder definir aspectos mecánicos de la pasta y morteros de cemento Portland tipo II. Mediante el análisis de las diferentes pruebas realizadas se obtuvo lo siguiente:

- a) con las pruebas mecánicas se identificó que los cementos portland tipo II presentan comportamientos diferentes según la marca comercial y se distinguieron las 3 marcas con mejores características para su uso.
- b) La calidad y características de las arenas que se emplean en la elaboración de mezclas varía de acuerdo al banco de extracción.
- c) Los resultados obtenidos en las pruebas mecánicas demuestran que seleccionar una marca de cemento comercial con mejores características mejora las propiedades y resistencia del mortero.

A partir de los resultados obtenidos y con la formación de equipos multidisciplinarios de investigación, puede darse continuidad al análisis de las mezclas de morteros y establecer mezclas de concreto, mejorando la calidad de éstas para su aplicación en la arquitectura regional.

La industria cementera

La producción de cemento en México es una cadena industrial de suma importancia. A partir de los años 90 esta industria se encontró en su mayor auge debido a las inversiones que se realizaron en el mercado y las fusiones de marcas con el fin de aumentar la tasa de producción, en los últimos 10 años, la mayor tasa de crecimiento se alcanzó en 2006 con 7.7%, mientras que en 2015 la industria produjo 44.9 millones de toneladas de cemento y por primera vez en 10 años logró crecer a una tasa de 7%.

Producción de Cemento 2009–2016				
Año	Producción (Millones Tons.)	Consumo Nacional (Millones Tons.)	Habitantes	Kg/habitante
2009	35.1	34.7	107,550,697	323
2010	34.5	34.1	114,255,555	298
2011	35.4	34.9	115,682,868	302
2012	36.2	35.5	117,053,750	303
2013	34.6	33.7	118,395,054	284
2014	36.6	35.9	119,713,203	301
2015	39.6	39.1	121,005,815	323
2016	40.6	40.1	122,273,473	327

Tabla 6. Producción de Cemento Fuente: basada en datos obtenidos por la CANACEM

En 1923 se constituyó en México un comité con cuatro de las cinco empresas cementeras existentes. La finalidad era promover las bondades del cemento Portland como material de construcción. Este comité fue el antecesor de la CANACEM, la cual formalmente se creó en 1948 con la participación de todas las empresas cementeras constituidas como sociedades anónimas. Originalmente, esta cámara funcionaba como vínculo entre productores y gobierno para negociar el control de precios; también gestionaba la disponibilidad de materiales de producción, de energía eléctrica y el servicio de ferrocarriles. En 1980 se publicó, en el Diario Oficial de la Federación, el Programa de Fomento para la Industria del Cemento; éste establecía el compromiso de inversión en esta industria y las bases para que el mercado determinara el precio

del producto. La CANACEM también ha sido promotora activa de las condiciones de higiene y seguridad en las plantas de producción, así como de la incorporación de medidas que contribuyan al mantenimiento o mejoramiento del medio ambiente en la industria cementera. Actualmente, la misión de la CANACEM es representar, impulsar y defender los intereses de la industria del cemento y de las empresas que la constituyen.

El concreto es la mezcla de cuatro elementos básicos: cemento, arena, grava y agua, con un aditivo que tiene la propiedad de resistir la compresión después de que se seca, fragua o endurece. El concreto premezclado se prepara en una planta central, después se transporta en estado líquido en vehículos especiales que mantienen el producto fresco y ya en la obra mediante bombas lo depositan en pisos, techos, columnas, etcétera. Esta tecnología compite con la tradicional mezcla en el suelo y el transporte con botes a pisos, techos, columnas, etcétera, ambas en mano de obra barata. La tecnología del concreto premezclado, que se utiliza en grandes construcciones, requiere una inversión considerable en la dosificación y la mezcla, el transporte especializado y la distribución del concreto en la obra. La actividad del concreto premezclado es muy sensible a la construcción en gran escala y, al menos en el caso de México, es particularmente sensible al comportamiento de toda la economía¹⁷.

De acuerdo con la matriz de insumo producto, 87.6% de la producción de cemento se destina directamente a la construcción residencial y no residencial y 12.4 % a productos como postes, tubos y láminas, que también son insumos de la construcción¹⁸. En México la industria cementera represento un modelo importante ante la sustitución de importaciones. En 1980 se contaban con 28 plantas de producción en todo el país. Según la Cámara Nacional Del Cemento, En la actualidad (año 2017) la planta productiva mexicana de cemento está compuesta por Cemex, con una

¹⁷ Salomón A., *La industria del Cemento en México, comercio exterior*, vol 56, No. 9, septiembre 2006.

capacidad instalada de 10.9 millones de toneladas de producción de cemento anual en 17 plantas, Holcim–Apasco, con capacidad instalada para 12.6 millones de toneladas anuales en 7 plantas, cruz azul con 4 plantas puede producir 6.2 millones de toneladas, Moctezuma con 3 plantas, 2.5 millones de toneladas , fortaleza con 3 plantas y Grupo Cementos de Chihuahua con 3 plantas, de acuerdo con lo anterior México tiene una capacidad instalada de producción de 40.6 millones de toneladas¹⁹.

Cemex al contar con la mayor cantidad de plantas en la industria cementera tiene el 50% del mercado nacional, se encuentra como la mayor productora de concreto premezclado y la tercera en cemento portland a nivel mundial y en segundo lugar encontramos a Holcim con una capacidad instalada de 124 millones de toneladas.

Empresas que conforman la industria del cemento en México (2018)		
Empresas	No. De plantas	Sede (corporativo)
Cemex	17	Monterrey N.L
Cementos Moctezuma	3	Ciudad de México
Cementos Cruz–Azul	4	Ciudad de México
Grupo Cementos de Chihuahua (GCC)	3	Chihuahua
Holcim–Lafrage	7	Ciudad de México
Cementos Fortaleza	3	Ciudad de México

Tabla 7. Empresas de la industria Cementera Fuente: basada en datos obtenidos por la CANACEM

¹⁹ Datos obtenidos de la Cámara Nacional del Cemento

FICHAS TÉCNICAS DE CEMENTOS

MARCA 1²⁰

MARCA 1

El único cemento que reduce las grietas hasta un 80%.

El **Cemento CPC 30R Extra** está especialmente formulado para reducir la aparición de grietas por contracción plástica en el concreto expuesto a condiciones ambientales extremas, mejorar la consistencia de la mezcla, producir una mezcla más fácil de manejar y evitar el proceso de curado, un producto único en el mercado. El Cemento CPC 30R supera ampliamente las especificaciones de la norma mexicana NMX-C-414-ONNCE.



APLICACIONES

El Cemento CPC 30R es especial para superficies expuestas como pavimentos y losas, se recomienda para usos estructurales de concreto armado o simple (como pisos, castillos, dalas, muros, zapatas, trabes, columnas) y/o de albañilería (zarpeos, afines, reparaciones, empastados). Es compatible con los materiales convencionales usados en la construcción logrando excelentes resultados.



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	30	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	0.8	%	Valor máximo esperado
Contracción en autoclave	NMX-C-062	0.2	%	Valor máximo esperado

²⁰ Cemex México, 20 de marzo 2019, sitio web: <https://www.cemexmexico.com/>

VENTAJAS

- Reduce la aparición de grietas generadas por contracción plástica que se promueven en condiciones ambientales extremas de alta temperatura y velocidad del viento.
- **Le brinda a las mezclas de concreto mayor cohesión, adherencia y trabajabilidad, aún con agregados problemáticos.**
- Reduce el sangrado y la segregación de las mezclas de concreto.
- **Sustituye el uso de membranas de curado, al promover por sí mismo el proceso de curado, lo que representa ahorros significativos en las obras al evitar retrabajos por acciones preventivas y/o reparaciones posteriores.**

MODO DE EMPLEO



La preparación es sencilla, siga los siguientes pasos:

1. Utilizar una superficie dura y limpia para realizar la mezcla.
2. Mezclar el cemento con arena, grava y agua libre de impurezas.
3. Coloque la mezcla dentro del molde o cimbra y desaloje al aire atrapado, vibrando o varillando.
4. Utilice algún método de curado para mantener hidratado el concreto.

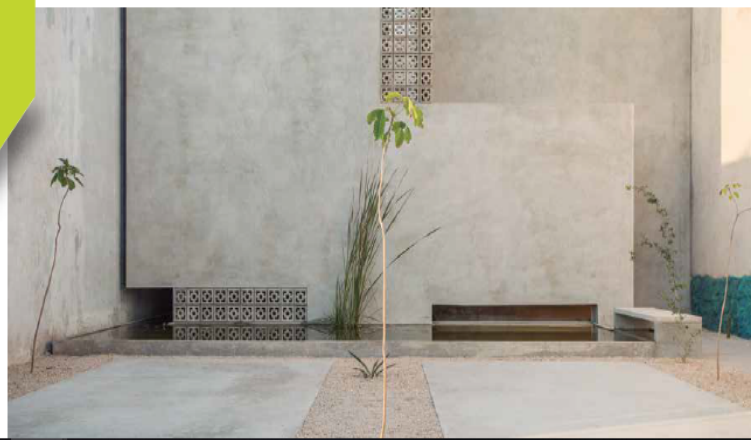
Para la elaboración de concreto las proporciones recomendadas son:

APLICACIÓN	CEMENTO BULTO 50KG	GRAVA BOTES	ARENA BOTES	AGUA BOTES
Muros y pisos	1	8,5	8,0	3,0
Castillos y dallas	1	6,5	5,5	2,5
Losas y zapatas	1	6,0	4,0	2,0
Columnas y techos	1	4,5	3,5	1,5

Las proporciones de los materiales pueden modificarse en función de la calidad de los agregados empleados. Estas mezclas proporcionan un concreto de revenimiento de 10cm. Si se requiere de una mayor trabajabilidad es necesario añadir agua y cemento en una proporción de 1 bote de agua por un bote de cemento, hasta obtener la trabajabilidad deseada.

RECOMENDACIONES PARA TENER UN MEJOR ACABADO

- Para la preparación de las mezclas con el Cemento CPC 30R se deben seguir las mismas recomendaciones que con un cemento convencional, sin modificar la dosificación de materiales o incluir una mayor cantidad de agua en el diseño.
- Para asegurar buenos resultados es recomendable seleccionar agregados duros, de tamaño adecuado y limpios (libres de materia orgánica, arcillas, grasas, aceites, azúcares, melazas, etc.).
- Si la mezcla es manual, se recomienda integrar los materiales en una superficie limpia y no absorbente.
- Mezcle las cantidades de agregados, agua, cemento y aditivos en las proporciones establecidas para el nivel de resistencias deseado.
- Coloque la mezcla de manera uniforme dentro del molde o de la cimbra previamente tratados con algún desmoldante y a través de vibrado o varillado, desaloje el aire atrapado dentro de la mezcla y consolídela.
- Mantener la mezcla dentro del molde hasta que alcance la resistencia que permita retirar la cimbra o el molde.
- Mantener durante los primeros 7 días húmedo el concreto protegiéndolo de la evaporación del agua y utilizando los métodos de curado disponibles o recomendados por las buenas prácticas de construcción.



RECOMENDACIONES

Para el manejo de los sacos:

- 1 **Almacene los sacos en un lugar cerrado, limpio y libre de humedad.**
- 2 **Almacénelos de tal forma que los primeros sacos que entran sean los primeros que salgan del almacén.**
- 3 **Evite colocarlos en superficies disperejas que puedan romperlos.**
- 4 **Maneje con cuidado los sacos al momento de moverlos, transportarlos y protéjalos de objetos que puedan causar su rotura (varillas, clavos, puntas de maderas, etc.).**
- 5 **No los coloque directamente sobre el piso, utilice una tarima o algo similar.**
- 6 **Evite que los sacos se mojen.**

COHESIÓN

SEGREGACIÓN

REDUCE GRIETAS HASTA 80%

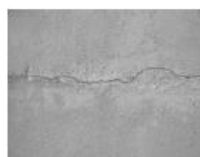
Mezclas de concreto con revenimiento de 18 cm



Cemento Referencia



Cemento Referencia



Cemento Referencia



Cemento CPC 30R Extra



Cemento CPC 30R Extra



Cemento CPC 30R Extra



MARCA 2

Atributos.

- ✓ Más desempeño.
- ✓ Más rendimiento.
- ✓ Más fácil de colocar.

Aplicaciones.

Recomendado en la construcción de cualquier tipo de obra y elementos como:

- ✓ Pisos.
- ✓ Losas.
- ✓ Columnas.
- ✓ Trabes.
- ✓ Cimientos.
- ✓ Vivienda en general.
- ✓ Edificios de baja altura.
- ✓ Prefabricados como bloques, tabicones y adoquines.
- ✓ Cisternas.
- ✓ Tanques y canales de agua no residual.

Propiedades.*

10% Más rendimiento. Su actual fórmula rinde más ya que produce mayor volumen de concreto por bulto.

Hasta 30% Más fácil de colocar. Facilita el trabajo, ahorrando tiempo y esfuerzo. Ahora se mezcla fácil y coloca más rápido logrando un acabado inmejorable.

50% Menos grietas. Es el único del mercado que garantiza mayor calidad y durabilidad de la construcción. Esto se debe a que se agrieta menos que otros cementos tradicionales.

*Las propiedades fueron validadas bajo pruebas autodeterminadas por el laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México y por el Laboratorio de Tecnología de Concreto de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

²¹ Holcim México, 20 de marzo 2019, sitio web: <https://www.holcim.com.mx/>

Resultados emitidos por el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Planta.	Anterior Cemento [REDACTED] Fuerte.			Nuevo Cemento [REDACTED] Fuerte.		
	Promedio			Promedio		
	Tiempo de colocación.	Rendimiento en volumen.	Densidad de agrietamiento.	Tiempo de colocación.	Rendimiento en volumen.	Densidad de agrietamiento.
	(s)	(l)	(cm/m)	(s)	(l)	(cm/m)
Macuspana.	127.00	41.30	23.00	98.00	48.69	0.00
Orizaba.	130.00	41.46	12.00	92.50	48.36	2.00
Acapulco.	142.50	41.69	28.00	88.50	48.34	1.00
Hermosillo.	124.50	41.69	11.50	79.50	47.22	0.00
Tecomán.	120.00	41.64	40.50	81.00	47.95	0.00
Ramos Arizpe.	130.50	41.41	13.00	80.50	48.21	0.00
Apaxco.	215.00	27.95	55.00	148.50	33.36	6.50

Referencia: InformeVal [REDACTED]-008-2015

En la siguiente tabla se muestra el resumen comparativo entre el comportamiento del Nuevo Cemento [REDACTED] Fuerte vs. el Anterior Cemento [REDACTED] Fuerte, en los tres atributos:

- ✓ Más desempeño.
- ✓ Más rendimiento.
- ✓ Más fácil de colocar

Nuevo Cemento [REDACTED] Fuerte VS Anterior Cemento [REDACTED] Fuerte.			
Planta.	Más desempeño.	Más rendimiento.	Más fácil de colocar.
Macuspana.	100.00 %	15.19 %	22.83 %
Orizaba.	83.00 %	14.27 %	38.85 %
Acapulco.	96.43 %	13.77 %	37.89 %
Hermosillo.	100.00 %	11.71 %	36.14 %
Tecomán.	100.00 %	13.17 %	32.50 %
Ramos Arizpe.	10.00 %	14.12 %	38.31 %
Apaxco.	88.18 %	16.20 %	30.93 %

Referencia: InformeVal [REDACTED]-008-2015

Disponibilidad.

Nacional a través de nuestra red de distribución.

Precauciones.

El manejo adecuado de este producto no presenta riesgos, sin embargo recomendamos siempre el uso de guantes, tapabocas y lentes de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar con agua abundante. Evite su inhalación. No se deje al alcance de los niños.

Recomendaciones.

Para un mayor aprovechamiento de las cualidades y ventajas del Nuevo Cemento Fuerte, le sugerimos los siguientes pasos en la elaboración del concreto.



Utilizar.

Arena, grava y agua libres de contaminación.



Controlar.

El agua utilizando la menor cantidad posible para obtener la trabajabilidad requerida.



Mezclar.

El tiempo suficiente para obtener una mezcla uniforme.



Compactar.

Para eliminar los huecos y disminuir la permeabilidad del concreto.



Curar.

Durante un mínimo de 7 días manteniendo la superficie del concreto húmeda y protegida de temperaturas extremas.

Manejo y Almacenamiento.














- ✓ Almacenar los sacos sobre tarimas en lugares secos y protegiéndolos de la humedad.
- ✓ Evitar colocar los sacos sobre superficies que pudieran causar algún daño al empaque.
- ✓ Utilizar primero aquellos sacos que han permanecido más tiempo almacenados.
- ✓ Evitar tiempos de almacenamiento prolongados (más de 45 días).

Manejo y Almacenamiento.


- ✓ Almacenar los sacos sobre tarimas en lugares secos y protegiéndolos de la humedad.
- ✓ Evitar colocar los sacos sobre superficies que pudieran causar algún daño al empaque.
- ✓ Utilizar primero aquellos sacos que han permanecido más tiempo almacenados.
- ✓ Evitar tiempos de almacenamiento prolongados (más de 45 días).


Aplicaciones recomendadas.***

Por cada bulto de 50 kg. de Cemento  Fuerte, agregar:

	Agua*	Arena*	Con Grava* 3/4"	Con Grava* 1 1/2"	Resistencia** kg/cm ²
Bases para empedrados y firmes					100
Pisos, castillos y guarniciones					150
Losas, trabes, zapatas y muros					200
Columnas y losas especiales					250
Concreto de alta resistencia					300

*Botes de 19 litros. ** Resistencia a 28 días de edad.***Basados en experiencias y pruebas realizadas en nuestro Centro de Innovación Tecnológica para la Construcción de acuerdo a las normas vigentes.

Servicios Técnicos:
Interior de la República:
01 800 714 2272
Zona Metropolitana,
Ciudad de México: 5724 0144


Los datos e instrucciones que damos en la presente ficha técnica están basados en experiencia y prueba realizadas en nuestro Centro de Innovación Tecnológica para la Construcción de acuerdo a normas vigentes. Los métodos de operación y condiciones en que se aplique el concreto o mortero en la obra están fuera del alcance de . Para obtener mejores resultados siga las recomendaciones y consulte a su Ejecutivo Comercial para obtener el apoyo y la asesoría correspondiente.



Cemento Portland Compuesto **CPC 30R**

El Cemento Portland Compuesto clase resistente 30 de resistencia rápida (CPC-30R) es apto para la construcción de elementos estructurales donde no se necesita algún requisito con característica especial, desarrollando un buen desempeño de fraguado, resistencia y rendimiento.

Aplicaciones

El cemento **CPC 30 R** se puede utilizar en distintos elementos estructurales de ingeniería:

- Pisos
- Losas
- Sistemas
- Cimentaciones
- Cadenas y trabes
- Castillos y columnas
- Estabilización de suelos
- Vivienda y edificación en general
- Conductos de agua no residual (canales)
- Tanques de almacenamiento de agua no residual
- Almacenamiento de agua de escurrimiento pluvial
- Prefabricados como bloques, tabicones, bovedillas y adoquines



Características Físicas

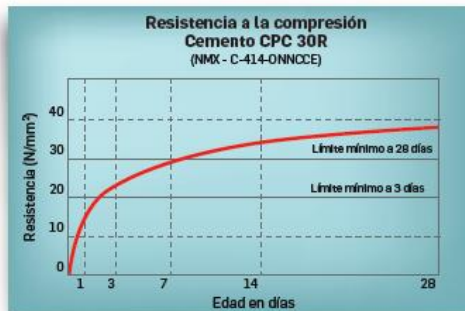
Cumple con las especificaciones de calidad establecidas en la norma mexicana del cemento NMX-C-414-0NNCCE vigente.

Resistencia a compresión:

- Mínima a 3 días: 20 N/mm² (204 kg/cm²)
- Mínima a 28 días: 30 N/mm² (306 kg/cm²)

Tiempo de fraguado:

- Inicial: 45 minutos (mínimo)
- Final: 600 minutos (máximo)



²²Cemento Cruz azul México, 20 de marzo 2019, sitio web : <https://cementocruzazul.com.mx/>

Ventajas

El Cemento

CPC 30 R es una buena alternativa para construir con una excelente durabilidad en las obras.



El maestro recomienda...

Para concretar una obra maestra

- Utilizar agua limpia, de preferencia potable.
- Emplear arena y grava de buena calidad y libres de contaminantes (tierra, arcilla, materia orgánica, etc.).
- Para obtener la trabajabilidad requerida de la mezcla, utilizar la cantidad de agua estrictamente necesaria, esta medida ayudará a evitar agrietamiento y baja resistencia en el concreto.
- Obtener una mezcla uniforme mezclando los materiales sobre una superficie plana, no absorbente y limpia, para evitar contaminación.
- Compactar (vibrar) el concreto para eliminar el aire atrapado en el concreto fresco, obteniendo una estructura densa, sin porosidades y con baja permeabilidad.
- Curar el concreto durante 7 días como mínimo, de forma continua y a partir que el concreto pierde su brillo superficial, esto ayuda a evitar agrietamientos y fomenta el desarrollo de resistencia del concreto.
- Proteger del viento, el frío y los rayos del sol toda la superficie del concreto expuesto en elementos prefabricados, pisos y losas.

Para el transporte de sacos

- Revisar que las plataformas o tarimas no tengan clavos o materiales que puedan dañar los sacos.
- Vigilar que las uñas del montacargas no dañen las tarimas o los sacos.
- Para asegurar la carga de los sacos, utilizar cinchos o bandas y cuando se utilicen cuerdas se deben colocar protecciones en las superficies de fricción.

Para el almacenamiento de sacos

- Almacenar los sacos en lugares secos y cubiertos.
- Evitar tiempos de almacenamiento prolongados (mayor de 60 días).
- Colocar los sacos sobre tarimas.
- Permitir la circulación del viento, que los sacos no hagan contacto con el piso ni paredes laterales.
- Evitar el uso de tarimas rotas o con clavos.
- Utilizar el cemento cronológicamente, primero los sacos que tienen más tiempo almacenados.
- Mantener el producto protegido de la humedad y colocarlo sobre superficies limpias.

Para protección personal

- Evitar el contacto prolongado con la piel.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- Evita respirar el polvo del cemento
- Mantener fuera del alcance de los niños

MARCA 4²³

MARCA 4

El Cemento Tipo II Compuesto CPC 30 R RS es un producto donde se combina el Clinker , que significa garantía y seguridad, con materiales cementantes suplementarios, generando altas resistencias mecánicas, brindando al usuario alta confiabilidad para usarlos en medio ambiente y suelos agresivos, obteniendo acabados de mayor calidad.

Su proceso de elaboración está certificado bajo el esquema ISO 9001 y cuenta con el certificado de producto ONNCCE que cumple con la Norma NMX-C-414-ONNCCE VIGENTE para un cemento CPC 30 R RS.

Las obras realizadas con este producto se caracterizan por su durabilidad, confiabilidad y por su reducción de costos. La mezcla de estos componentes MEJORA los resultados tradicionales. Se recomienda para todo tipo de obras de ingeniería y arquitectura, así como para usos generales.

Tabla de Proporcionamiento

Cemento Tipo II Compuesto (CPC 30 R RS)

	Consumo POR BULTO de cemento de 50Kg			
	(Proporción volumétrica)			
	Resistencia a Compresion (kg/cm ²)			
	f'c 100	f'c 150	f'c 200	f'c 250
	Pisos, Firmes, Banquetas	Dalas Cadenas Castillos	Zapatas Losas Trabes	Columnas y Losas Especiales
Cemento (bulto)	1	1	1	1
Arena (bote)*	6 ¼	5 ½	4 ¼	3 ½
Grava (bote)*	7 ¼	6 ¾	5 ¼	4 ½
Agua (bote)*	2 ½	2 ¼	1 ¾	1 ½

Se consideran botes de 18 litros y Revenimiento de mezclas de 12-14 cm.

²³ Cemento Fortaleza México, 20 de marzo 2019, sitio web: <https://www.cementosfortaleza.com/>

Usos:

- Es ideal para toda obra que requiera mayor resistencia al ataque de ambientes agresivos, suelos salitrosos, aguas negras y cercanía al mar.
- Tubos de albañal, blocks y elementos prefabricados
- Estructuras de concreto simple: firmes, pisos, banquetas y guarniciones
- Concreto armado: travesaños, cadenas y castillos de desplante, columnas y losas.
- Todo tipo de estructuras, puentes, casas, pavimentos y edificios.
- Por su compatibilidad con todos los materiales de construcción convencionales (arenas y gravas de mina, de río o triturados, mármol, cantera, tezontle, etc.) podrá lograr las texturas o contrastes que desee en su obra.

Propiedades:

- **Resistencias mecánicas** Altas y uniformes. Por su confiabilidad impacta positivamente en el diseño de los concretos, lo cual se refleja en un mayor rendimiento.
- **Resistencia al ataque de sulfatos.** El diseño de nuestro cemento CPC 30 R RS da por resultado un cemento resistente al ataque de los sulfatos del medio ambiente.
- **Impermeabilidad.** Siguiendo todos los cuidados en la elaboración, transporte, colocación, acabado y curado del concreto, ayuda a reducir la cantidad de poros en el mismo, disminuyendo la penetración de los agentes agresivos, como las sales marinas, aguas negras, suelos salitrosos, etc.
- **Calor de hidratación.** Nuestro clinker característico, junto con los cementantes suplementarios, genera menor cantidad de calor al hidratarse, por lo que se califica como cemento de bajo calor de hidratación. Esto quiere decir que minimiza las expansiones térmicas y disminuye significativamente la aparición de grietas.
- **Segregación, sangrado, plasticidad y cohesión.** La finura y la mejor distribución de tamaños de las partículas de nuestro cemento, contribuyen a lograr menor segregación y sangrado en el concreto, obteniéndose una mayor cohesión con los agregados.

Recomendaciones

Para su uso:

- Utilice siempre agregados limpios, libres de materia orgánica y arcilla.
- Utilice una cantidad mínima de agua (a mayor cantidad de agua, menor resistencia). Consulte como guía la tabla de dosificación indicada en el saco de cemento.
- Prepare sus mezclas sobre superficies limpias y no absorbentes.
- Asegure la buena colocación y compactación utilizando un vibrador para concreto.
- Una vez endurecido el concreto, mantener húmeda la superficie por lo menos los primeros 7 días, protegiéndolo de la evaporación del agua para garantizar el desarrollo de resistencia.

Para el manejo y almacenamiento:

- Los sacos almacenados deben permanecer sobre una tarima, sin tocar el suelo, en un lugar seco y fresco, protegido de humedad.
- Apile los sacos de manera segura y estable para evitar caídas y roturas.
- Evite que los sacos se mojen.
- Procure no almacenar los sacos por periodos prolongados de tiempo.
- El cemento a granel se debe almacenar en silos impermeables, secos, limpios y protegidos de la contaminación.
- Evite la formación de nubes de polvo durante la manipulación. Si no es así, use lentes de seguridad y respirador de partículas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua.

MARCA 5²⁴



CPC 30 R RS

Cemento Portland Compuesto

Nuestro Cemento Portland Compuesto, Clase Resistente 30 de Resistencia Rápida y Resistente a los Sulfatos (CPC 30 R RS), cumple con las especificaciones de calidad establecidas en la Norma Mexicana **NMX-C-414-ONNCE**-(VIGENTE).

APLICACIONES

El cemento CPC 30 R RS es recomendable utilizarlo en cualquier tipo de obra, construcción de estructuras y en la fabricación de productos de concreto, donde se requieran características especiales.

Se recomienda para:

- ✓ Elementos
- ✓ Losas
- ✓ Columnas
- ✓ Trabes
- ✓ Cimientos
- ✓ Zapatas

Construcción y productos

- ✓ Vivienda en general
- ✓ Drenajes
- ✓ Adoquines
- ✓ Tanques y canales
- ✓ Tubería de concreto
- ✓ Plantas de tratamiento
- ✓ Obras marinas

CARACTERÍSTICAS

Características físicas más importantes

En pruebas como cemento

- ✓ Resistencia mínima a 3 días 20 N/mm² (204 kg/cm²)
- ✓ Resistencia mínima a 28 días 30 N/mm² (306 kg/cm²)
- ✓ Tiempos de fraguado
Inicial: 45 minutos (mínimo)
Final: 600 minutos (máximo)
- ✓ Estabilidad de volumen en autoclave
Expansión máxima 0.8%
Contracción máxima 0.20%
Expansión máxima por ataque de sulfatos de 0.1% a 1 año

Características químicas más importantes

- ✓ Elaboración de barras sumergidas en agua durante 14 días expansión máxima 0.020%
- ✓ Trióxido de Azufre máximo 4.0%

RECOMENDACIONES

Uso

- ✓ Utilizar arena, grava y agua limpias.
- ✓ Adicionar la menor cantidad de agua posible.
- ✓ Mezclar lo suficiente para obtener una mezcla uniforme.
- ✓ Colocar y compactar el concreto lo mejor posible.
- ✓ Curar durante 7 días como mínimo, manteniendo la superficie del concreto húmeda y protegida de temperaturas extremas.

Transporte de sacos

- ✓ Quitar de las plataformas o tarimas, clavos y/o materiales que puedan ocasionar daño a los sacos.
- ✓ En la utilización de montacargas, vigilar que las uñas no dañen las tarimas o los sacos.

Almacenamiento de sacos

- ✓ En lugares secos y cubiertos.
- ✓ Evitar tiempos largos de almacenamiento (no más de un mes).
- ✓ Formar estibas ordenadas, con un espacio mínimo de 5 cm entre cada estiba.
- ✓ Utilizar primero el o los sacos que han permanecido más tiempo en almacenamiento.

Manejo de cemento a granel

- ✓ Almacenar el cemento en silos, asegurándose que estén tapados y que no contengan residuos de otros productos.
- ✓ Si no se almacena en silos, mantener el cemento protegido de la humedad, colocarlo en superficies o contenedores limpios.

ASTM: (American Society for Testing and Materials) es una organización de normas internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.

NMX: Esta norma mexicana establece las especificaciones y métodos de ensayo aplicables a los diversos tipos de materiales de fabricación nacional o extranjera que se destinen a los consumidores en México.

CANACEM: (Cámara Nacional del Cemento) Ser un órgano de consulta y colaboración en todo lo relacionado con las necesidades, requerimientos, programas y actividades que favorezcan la competitividad y el desarrollo de la Industria Nacional del Cemento, todo ello dentro del marco legal existente.

ESCORIAS: son un subproducto de la fundición de la mena para purificar los metales. Se pueden considerar como una mezcla de óxidos metálicos; sin embargo, pueden contener sulfuros de metal y átomos de metal en forma de elemento. A menudo se utiliza escoria granular de alto horno en combinación con el mortero de cemento Pórtland como parte de una mezcla de cemento.

CLINKER: Sustancia que se obtiene como resultado de la calcinación en horno, de mezclas de calizas arcillosas preparadas artificialmente con adición eventual de otras materias. Clinker es el producto principal del cemento común portland, por ello, es el más importante componente del concreto.

GEL TOBERMORITA: es un tipo de silicato hidratado que podemos considerar proveniente del ácido “orto silícico” y se forma durante el proceso de endurecimiento del cemento.

ONNCCE: El Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCE) es una Sociedad Civil reconocida a nivel nacional dedicada al desarrollo de las actividades de normalización, certificación y verificación.

- **Bibliografía:**

- o Sánchez D., Tecnología del concreto y del mortero, quinta edición 2001, Colombia, editorial Bhandar.
- o Carrasco, F. Tecnología del hormigón– ingeniería civil, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad regional santa fe.
- o Neville, A.M & Brooks, JJ (2010) Concrete Technology, Londres Pearson.
- o Muñoz Casas A. Concreto Teoría elemental del Concreto Reforzado, editorial Latina, México, D.F.

- **Publicaciones:**

- o Salomón A., La industria del Cemento en México, comercio exterior, vol 56, No. 9, septiembre 2006.
- o Vidaud E., De la Historia del Cemento, Noviembre 2013, fuente: www.IMCYC.com
- o Diagnóstico del sector de la construcción y propuestas para el impulso de la infraestructura en México, Centro de Estudios Económicos de la Industria de la Construcción (CEESCO),CMIC, enero 2016, fuente: https://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/Documento_extenso_vfinal_191215.pdf.

- **Páginas electrónicas:**

- o Cámara Nacional del Cemento: CANACEM. (2018). producción de cemento. 12 febrero 2018, CANACEM, Sitio web: <http://canacem.org.mx/>.
- o SIAM Sistema de Administración Minera, Plantas de arena en México. 17 de febrero 2018, sitio web: http://sgm.gob.mx/directorio/Planta_susta3.jsp
- o EcuRed, minerales no metálicos, 30 octubre 2018, sitio web: <https://www.ecured.cu/Arena>
- o Directorio de la Minería Mexicana, plantas de arena en la región metropolitana de la República Mexicana, 20 de marzo 2018, sitio web: <http://sgm.gob.mx/directorio/DirInicio.jsp>
- o De la Garza Garza, O.,García Arteaga,J., Análisis de la competencia en la industria cementera en México, 20 febrero 2018, sitio web: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-66222011000200004
- o Cottier Cavides, J.L., Tecnología del concreto, 08 julio 2018, sitio web: <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc6521/doc6521-contenido.pdf>
- o Curso Regional, diseño y construcción de estructuras de mampostería de acuerdo a las NMX y NTC, 25 abril 2018, sitio web: http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/cu/cu_19/te_01/ar_04.pdf
- o Materiales de construcción Ferrex, 11 de julio 2018, sitio web: <http://www.materialesdeconstruccion.com.mx/materiales-arena.php>
- o Cemex México, 20 de marzo 2019, sitio web: <https://www.cemexmexico.com/>
- o Holcim México, 20 de marzo 2019, sitio web: <https://www.holcim.com.mx/>
- o Cemento Cruz azul México, 20 de marzo 2019, sitio web: <https://cementocruzazul.com.mx/>

- o Cemento Fortaleza México, 20 de marzo 2019, sitio web:
<https://www.cementosfortaleza.com/>
- o Cemento Moctezuma México, 20 de marzo 2019, sitio web:
<https://www.cmoctezuma.com.mx/cementos.htm>