

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL
Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“DISEÑO DE CONCRETO ANTIDESLAVE, PARA VACIADOS EN ZONAS CON
PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO ALTO CON USO DE ADITIVOS, EN LA
CIUDAD DE AREQUIPA”

PRESENTADO POR:

Bach. Macedo Benavente, Edson Jesús

Bach. Miranda Chávez, Juan

Para Optar el Grado de:

Ingeniero Civil

AREQUIPA – PERÚ

2016

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad Católica de Santa María, presento mi tesis de investigación que por título lleva.

**“DISEÑO DE CONCRETO ANTIDESLAVE, PARA VACIADOS EN ZONAS
CON PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO ALTO CON USO DE ADITIVOS, EN
LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

Tema de investigación que fue realizado en el Laboratorio de Suelos y Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María.

Bach. Macedo Benavente, Edson Jesús.

Bach. Miranda Chávez, Juan.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Jesús Macedo Zurita, Sara Benavente Ramos y a mi hermano Pavel Macedo Benavente; quienes durante toda mi vida estuvieron apoyándome, enseñándome y sobre todo estando a mi lado en todo momento, les debo mi desarrollo profesional y personal que hoy me definen; sin ellos no hubiese podido dar este paso.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A mis padres, por haberme apoyado en mi desarrollo educativo, el darme hoy una carrera profesional, y por ser siempre mi ejemplo a seguir.
- ✓ A mi hermano, por ser el amigo que siempre me apoya y por las experiencias vividas, juntos.
- ✓ A mi querida Universidad Católica de Santa María y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por darme los conocimientos que me abren las puertas de un mundo profesional.
- ✓ A mi compañero de tesis, Juan Miranda Chávez por ser siempre un gran amigo, por su esfuerzo y por haber querido dar este paso juntos.
- ✓ A personas que fueron determinantes en poder desarrollar nuestro proyecto:
 - ✓ Magister Miguel Renato Díaz Galdos, Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - ✓ Ing. Enrique Alfonso Ugarte Calderon Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - ✓ Ing. Olger Javier Febres Rosado Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - ✓ Ing. Marianella Choquehuanca Sánchez Catedrática de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - ✓ Tec. Lab. Narciza Quispe Pilco. Técnica de Laboratorio de Suelos y Concreto de la UCSM.

Bach. Macedo Benavente, Edson Jesús

DEDICATORIA

El corazón de este proyecto está dedicado a mis padres Luis Miranda Paz y Carmen Chávez Guerra pilares fundamentales en mi vida; sin ellos jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora he logrado, su tenacidad y su lucha incansable han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir y destacar.

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A Dios Todo Poderoso y a nuestra Madre la Virgen María por protegerme durante todo el camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades.
- ✓ A mis padres que fueron, son y serán fuente y soporte de todos mis logros por su incondicional apoyo y en recompensa a sus esfuerzos.
- ✓ A la Universidad Católica de Santa María y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por mi formación académica.
- ✓ A mi compañero de tesis Edson Macedo Benavente, por el empeño, dedicación y sobretodo paciencia que me ha tenido.
- ✓ A las personas que me apoyaron en la realización de la presente investigación:
 - Magister Miguel Renato Díaz Galdos, Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - Ing. Enrique Alfonso Ugarte Calderon Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - Ing. Olger Javier Febres Rosado Catedrático de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - Ing. Marianella Choquehuanca Sánchez Catedrática de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.
 - Ing. Igor Choquenaira Paccosoncco
 - Tec. Lab. Narciza Quispe Pilco. Técnica de Laboratorio de Suelos y Concreto de la UCSM.
- ✓ A mis abuelas Estela Guerra y Libia Paz; y a mi tía Lizbeth Sanguinetti, que me enseñaron que no hay nada más importante que la familia.
- ✓ A Xiomara Herrera, por su amor incondicional y por enseñarme que en la vida todo se debe hacer con una sonrisa.

Bach. Miranda Chávez, Juan.

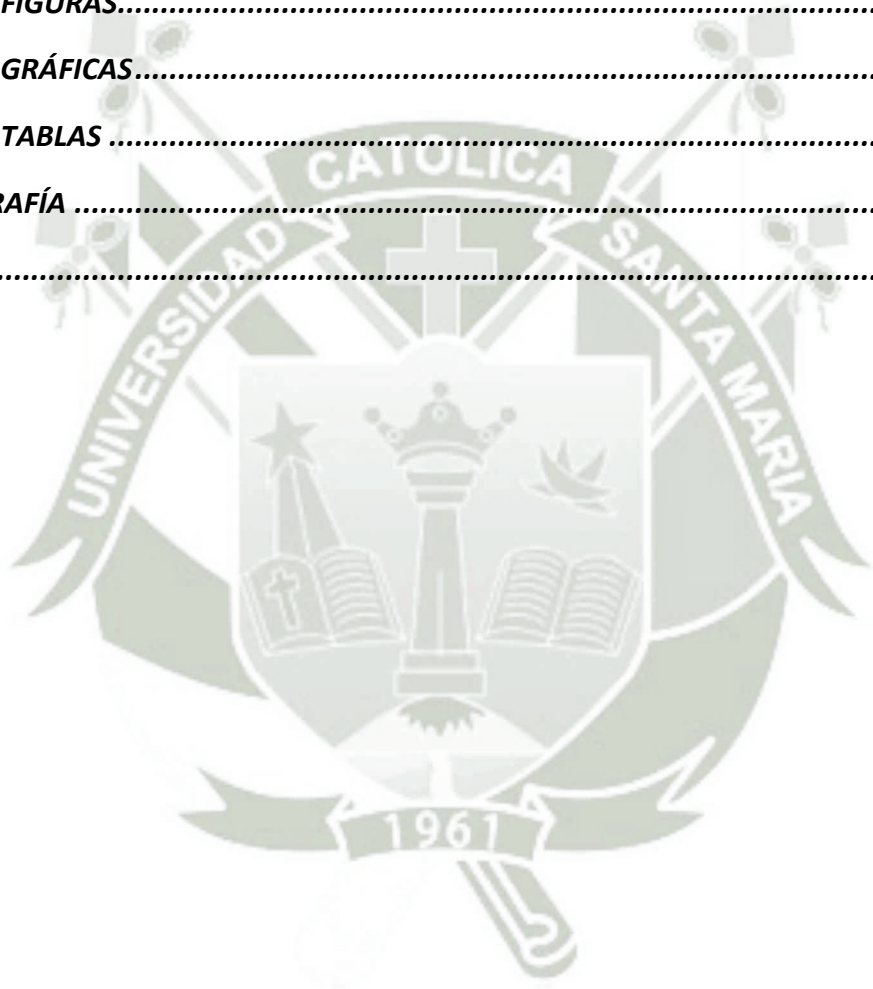
ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA	12
1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.3. HIPÓTESIS	14
1.4. INDICADORES Y VARIABLES	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. CONCRETO ANTIDESLAVE	16
2.1.1. DEFINICIÓN DE CONCRETO ANTIDESLAVE.....	16
2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONCRETO ANTIDESLAVE	16
2.1.3. APLICACIONES CONCRETO ANTIDESLAVE EN EL MUNDO.....	17
2.1.4. REQUISITOS Y PROPIEDADES.....	17
2.2. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL CONCRETO	18
2.2.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO.....	18
2.2.1.1. TRABAJABILIDAD	19
2.2.1.2. AIRE ATRAPADO.....	20
2.2.1.3. SEGREGACIÓN.....	20
2.2.1.4. EXUDACIÓN.....	21
2.2.1.5. PESO UNITARIO.....	22
2.2.1.6. PÉRDIDA DE FINOS (WASHOUT).....	23
2.2.1.6.1. MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE PÉRDIDA DE FINOS EN CONCRETO FRESCO SUMERGIDO EN AGUA	23
2.2.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO	26
2.2.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN.....	26
2.2.2.2. MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	27
2.2.3. MATERIALES QUE COMPONEN EL CONCRETO.....	27
2.2.3.1. AGUA.....	27
2.2.3.2. CEMENTO.....	29

2.2.3.3.	AGREGADOS	31
2.2.3.4.	ANTIWASHOUT ADMIXTURES. AWA.....	34
2.2.3.4.1.	AWA BASADOS EN CELULOSA.....	35
2.2.3.4.2.	SIKA FUME	37
2.2.3.5.	SUPERPLASTIFICANTE – REDUCTOR DE AGUA.....	51
2.2.4.	DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO	54
2.2.5.	MÉTODO TREMIE.....	57
CAPÍTULO 3. DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO ANTIDESLAVE		62
3.1. INTRODUCCIÓN.....		62
3.2. ESTUDIO DE MATERIALES USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS		62
3.2.1.	CEMENTO.....	62
3.2.2.	AGREGADO FINO CANTERA LA PODEROSA	63
3.2.2.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO	63
3.2.2.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.....	66
3.2.2.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO	71
3.2.2.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.	77
3.2.2.5.	ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.....	84
3.2.3.	AGREGADO GRUESO CANTERA LA PODEROSA	87
3.2.3.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO.....	87
3.2.3.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO	89
3.2.3.3.	PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO.....	96
3.2.3.4.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.....	103
3.2.3.5.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO	109
3.2.4.	COMBINACION DE AGREGADOS	113
3.2.5.	AGUA	116
3.2.6.	ADITIVOS	117
3.2.6.1.	SIKA FUME	118
3.2.6.2.	SIKAMENT TM 350	121
3.2.6.3.	EUCON AWA.....	123
3.2.6.4.	EUCON SUPERPLAST 37	126
3.3. DISEÑOS DE MEZCLAS.....		130
3.3.1.	RESUMEN PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	130
3.3.2.	DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI 211	132
3.3.3.	DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÁXIMA COMPACIDAD.	144
3.3.4.	TABLAS RESUMEN DE DISEÑOS DE MEZCLAS	156
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO		158
4.1. INTRODUCCIÓN.....		158

4.2. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS	158
4.3. RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS.....	160
4.3.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO.....	160
4.3.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO	164
4.3.2.1. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS DEL ACI 211.....	164
4.3.2.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MÁXIMA COMPACIDAD	176
4.3.3. RESUMEN DE RESULTADOS.....	189
4.4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENSAYOS EN ESTADO FRESCO.....	191
4.4.1. ANÁLISIS DEL ASENTAMIENTO, SLUMP	191
4.4.2. ANALISIS DE LA PÉRDIDA DE FINOS	193
4.4.2.1. INFLUENCIA DE LA PÉRDIDA DE FINOS SEGÚN LOS ADITIVOS... 195	
4.4.2.2. INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	198
4.4.3. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	200
4.4.3.1. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO EL MÉTODO DEL ACI 211	200
4.4.3.2. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO EL MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD.....	205
4.4.3.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE MÉTODO ACI 211 Y MÁXIMA COMPACIDAD	210
CAPÍTULO 5. DISEÑO OPTIMIZADO DE CONCRETO ANTIDESLAVE.....	220
5.1. INTRODUCCIÓN.....	220
5.2. ELECCIÓN DE MÉTODO DE DISEÑO.....	220
5.3. ELECCIÓN DE LA PÉRDIDA DE FINOS.....	221
5.4. RELACIÓN AGUA/CEMENTO	221
5.5. DISEÑOS DE MEZCLA CONSIDERANDO NUEVAS RELACIONES AGUA/CEMENTO	222
5.5.1. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM ² , SILICA FUME 10%	224
5.5.2. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM ² , SILICA FUME 10%	225
5.5.3. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM ² , SILICA FUME 10%	226
5.5.4. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM ² , SILICA FUME 15%	227
5.5.5. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM ² , SILICA FUME 15%	228
5.5.6. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM ² , SILICA FUME 15%	229
5.5.7. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM ² , EUCON AWA 1.4 %.....	230
5.5.8. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM ² , EUCO AWA 1.4 %.....	231
5.5.9. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM ² , EUCO AWA 1.4 %.....	232
5.5.10. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM ² , EUCO AWA 2.1 %.....	233
5.5.11. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM ² , EUCO AWA 2.1 %.....	234
5.5.12. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM ² , EUCO AWA 2.1 %.....	235

5.6. RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS.....	236
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE COSTOS.....	237
6.1. INTRODUCCIÓN.....	237
6.2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LOS DISEÑOS ANALIZADOS	237
6.3. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DISEÑOS OPTIMIZADOS	255
CONCLUSIONES	261
RECOMENDACIONES.....	264
LISTA DE FIGURAS.....	266
LISTA DE GRÁFICAS.....	268
LISTA DE TABLAS	270
BIBLIOGRAFÍA	279
ANEXOS.....	280



INTRODUCCIÓN

El desarrollo del país requiere la realización de actividades de diferente índole para poder satisfacer las necesidades, cualquiera de esas actividades requieren de un soporte sobre el cual desarrollarse, infraestructura, es así que se vuelve indispensable el construir para generar.

El crecimiento de las actividades exige al mismo tiempo, un aumento en la velocidad del desarrollo de la infraestructura, por lo que se requiere el aumento de la productividad para poder ir a la velocidad de los requerimientos. Es así como el sector construcción impulsa de una manera sostenida el crecimiento del país, siendo el concreto uno de los materiales más usados debido a su relativo bajo costo de construcción y de mantenimiento. La presente investigación sigue la dirección de seguir mejorando los métodos, para poder lograr concretos que aseguren su calidad y durabilidad.

El concreto en algunas oportunidades se ha visto expuesto a la interacción con el agua debido al emplazamiento escogido para desarrollar la infraestructura, es así que se ha visto, conocido y documentado los problemas que consigo lleva esta adversidad. El concreto sufre un deterioro y disminución de sus propiedades, llevando a los ingenieros a tener incertidumbre acerca de los resultados obtenidos luego del vaciado. Los métodos tradicionales hacen uso de la metodología de proteger la zona de vaciado con tablestacados y despejar la zona mediante bombas, para poder liberar una zona expuesta al agua y hacer un diseño de alta durabilidad para que este trabajo correctamente, a pesar de los elevados costos que implica ello.

En esta investigación analizaremos el efecto del uso de aditivos en la mejora de la mezcla y acompañado de una metodología poco convencional en Arequipa, denominada tremie, inhibir el efecto producido por el sometimiento del concreto desde su estado fresco al contacto directo con el agua, y de esa manera reducir costos, aumentar la productividad y asegurar el desempeño del concreto en estado endurecido.

RESUMEN

La presente investigación busca menguar el efecto producido por la exposición del concreto en su estado fresco al contacto directo con el agua. Para lograr esto se hizo uso de aditivos que puedan proporcionar mayor cohesividad a la mezcla, de esta forma aminorar o atenuar el desprendimiento de partículas finas de esta, a la vez que usamos el método tremie para reducir la superficie de contacto entre el agua y el concreto.

Se partió por hacer diseños de mezcla patrón o de línea base mediante dos métodos diferentes de diseño, el recomendado por el ACI 211 y el método de máxima compacidad a resistencias de 175 kg/cm², 210 kg/cm² y a 280 kg/cm², para luego añadir aditivos en tres (3) proporciones diferentes y con dos (2) tipos diferentes de aditivos, cuyo efecto en la mezcla es diferente, para conocer las respuestas de ellos en los diseños planteados usando materiales de la ciudad de Arequipa.

Al realizar los vaciados de las mezclas haciendo uso del método tremie, se sacó una muestra representativa que fue sometida al “método de ensayo para determinar la resistencia del concreto fresco al lavado bajo agua”, y de esta forma tener un parámetro de comparación a diferentes dosificaciones.

Los resultados fueron validados en base a la prueba anteriormente mencionada de lavado de finos y el ensayo de resistencia a la compresión, comprobando que luego de aplicados los aditivos, el concreto obtenga resistencias superiores a las mezclas de línea base, así como de diseño; además de disminuir la cantidad de material desprendido de la mezcla de tal forma que aminore la posibilidad de degradar el concreto.

Para finalizar se hicieron diseños a 175 kg/cm², 210 kg/cm² y a 280 kg/cm² basados en los resultados obtenido de tal forma que se optimice el uso de materiales y costos, cumpliendo con requisitos de resistencia, calidad y durabilidad.

Palabras Clave: Concreto, Antideslave, Aditivos, Diseño de Mezcla.

ABSTRACT

The present investigation seeks to diminish the effect produced by the exposure of concrete in its fresh state to direct contact with water. To achieve this, use was made of additives that could provide greater cohesiveness to the mixture, thus reducing or reducing the release of fine particles from the mixture, while using the tremie method to reduce the contact surface between water and concrete.

It was decided to make standard or baseline mix designs by two different design methods, the one recommended by ACI 211 and the method of maximum strength to 175 kg / cm², 210 kg / cm² and 280 kg / cm² for Then add additives in three (3) different proportions and with two (2) different types of additives, whose effect on the mixture is different, to know their responses in the designs raised using materials from the city of Arequipa.

When casting the mixtures using the tremie method, a representative sample was drawn which was subjected to the "test method to determine the resistance of fresh concrete to washing under water", and thus to have a comparison parameter to different Dosage.

The results were validated based on the aforementioned fine wash test and the compressive strength test, proving that after the additives were applied, the concrete obtained higher resistances than baseline mixtures as well as design; In addition to decreasing the amount of material released from the mixture in such a way as to lessen the possibility of degrading the concrete.

Finally, designs were made at 175 kg / cm², 210 kg / cm² and 280 kg / cm² based on the results obtained in order to optimize the use of materials and costs, meeting the requirements of strength, quality and durability.

Keywords: Concrete, Anti-slip, Additives, Mix Design

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la ciudad de Arequipa podemos encontrar sectores que presentan dificultades en su construcción debido a la presencia de agua cercana a la superficie. Estos sectores con alto nivel freático se presentan en zonas de habilitación urbana como es la situación de Huarangueros, Lara, Chilpinilla, un sector de Socabaya, la parte alta de Miraflores, ambos lados de los ríos Socabaya y Chili, entre otros; la presencia de esta agua trae dificultades al momento de realizar las labores constructivas de cimentaciones y elementos construidos debajo de este nivel como: muros pantalla, cajones de cimentación, zapatas, etc.; estas estructuras que tendrán que enfrentar estas condiciones con el fin de tener un correcto desempeño.

El contacto directo con el agua es una condición adversa a la hora de vaciado de concreto y esto se intensifica si el contacto es directo y prolongado, produciéndose un lavado de partículas finas, aumento del sangrado y por consiguiente menores resistencias y mayores costos.

1.1.2. DESARROLLO DE LA PROBLEMÁTICA

La presencia de agua al realizar la cimentación trae problemas como es el lavado de materiales cementantes y agregados finos, aumento de la relación agua cemento (a/c), aumento de la segregación, disminución de la viscosidad y cohesión, lo que nos lleva a concretos de muy baja calidad y además de altos costos.

El vaciado in situ de concretos sometido a exposiciones de agua no es sencillo e implica un incremento en la dificultad, el costo y el tiempo, por lo que es necesario plantear una alternativa de solución a los procedimientos tradicionales utilizados en la ciudad.

En casos de presencia de agua, el proceso constructivo tradicional implica el retiro de agua, lo que nos lleva a realizar un estudio hidrológico para determinar la cantidad de agua del terreno y de esa forma el número de bombas, su ubicación y capacidad.

Este método de extracción de agua para la disminución de la altura del nivel freático en zonas urbanas se basa en un estudio detallado, ya que esto puede traer como consecuencia asentamientos que afecten las cimentaciones colindantes.

Además de la necesidad de bombear el agua, hay que proteger la zona de cimentación desde que empieza el vaciado hasta el fraguado final, del reingreso del agua subterránea, lo que implica un tablestacado perimétrico, que produce aumento de la mano de obra, materiales, y la disminución de la productividad.

1.2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

Realizar el estudio y análisis del Concreto Antideslave con aditivos, mediante ensayos de laboratorio, para ser empleado en zonas con presencia de nivel freático alto, así como el proponer diseños a resistencias de 175 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 , y 280 kg/cm^2 que permitan asegurar la resistencia a compresión y evite el lavado excesivo de material fino.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ❖ Determinar las propiedades físicas del agregado grueso y fino, el cual servirá para realizar los diseños de mezclas para la elaboración de un concreto Antideslave.
- ❖ Realizar diseños de mezcla sin adición de aditivos y con adición de aditivos para conocer el efecto de lavado que produce el agua en ellos.
- ❖ Realizar ensayos a compresión cilíndrica de concreto Antideslave vaciados bajo agua a distintas edades (tres, siete, catorce, veintiocho días) para evaluar el avance evolutivo del comportamiento de su resistencia.
- ❖ Sugerir un diseño de mezcla que presente mejores características, para hacer frente a las dificultades y daño producido en el concreto por la acción del agua.
- ❖ Conocer las características, ventajas y desventajas de usar un concreto Antideslave en desempeño, costos, y resistencias logradas con los diseños empleados.

1.3. HIPÓTESIS.

Con el uso del Concreto Antideslave es probable lograr obtener un concreto el cual pueda vaciarse bajo el nivel freático de agua y al mismo tiempo evitando un impacto en la resistencia, durabilidad y pérdida de material en el proceso, a partir de añadirle cohesividad a la mezcla sin perder la fluidez.

1.4. INDICADORES Y VARIABLES

Tabla 1.1 Indicadores y Variables

INDICADORES	DISEÑO DE MEZCLAS	f' c (kg/cm ²)	PRUEBAS				Equipos de Laboratorio	Equipos Elaborados para la Investigación
			Material		Concreto			
			Agregado Grueso Cantera la Poderosa	Agregado Fino Cantera la Poderosa	Estado Fresco	Estado Endurecido		
VARIABLES	Dependientes		Independientes		Dependientes		Independiente	Dependiente
	ACI 211	175 kg/cm ²	Granulometría	Granulometría	Slump	Resistencia a la Compresión	Equipo de Granulometría	Equipo de Perdida de Finos
		210 kg/cm ²	Peso Específico y Absorción	Peso Específico y Absorción			Hornos	
		280 kg/cm ²	P.U. Compactado	P.U. Compactado	Porcentaje de Vacíos		Balanza Electrónica	
	Máxima Compacidad	175 kg/cm ²	P.U. Seco	P.U. Seco	Perdida de Finos		Equipo Los Angeles	
		210 kg/cm ²	Contenido de Humedad	Contenido de Humedad			Trompo	
		280 kg/cm ²	Ensayo de Abrasión	Ensayo de Abrasión			Prensa Eléctrica	



CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONCRETO ANTIDESLAVE

2.1.1. DEFINICIÓN DE CONCRETO ANTIDESLAVE

Es aquel concreto cuya cohesividad y viscosidad conseguida a través de la incorporación de algún material o proceso, inhibe el efecto que el agua produce cuando entra en contacto con este, para evitar el lavado y dispersión de las fracciones finas, produciendo daño en la calidad del concreto, aumento significativo de la contaminación ambiental en el lugar de vaciado, aumento de costos e incertidumbre en los resultados obtenidos, afectando durabilidad, costos, confiabilidad de la resistencia.

2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CONCRETO ANTIDESLAVE

Ventajas

- Existe elevada acción tixotrópica, propiedad que le impide deslavarse al ser colocado bajo el agua.
- El contenido de agua permanece constante en comparación al de una mezcla tradicional.
- Disminuye la cantidad de la pérdida de partículas finas en la etapa de colocación y exposición al agua.
- Al disminuir la emisión de las partículas de concreto en el agua donde se produce el vaciado, evitará el impacto que esto pueda tener en el medio, en el caso de espacios submarinos evitará destrucción de los ecosistemas marinos.
- Disminución y control del sangrado y segregación del concreto.

- Permite la reducción de mano de obra y plazos de ejecución de obra.
- Reduce o elimina costos de operaciones de drenaje o bombeo de aguas en zona de operaciones.

Desventajas

- Aumento del costo final del concreto.
- Requiere personal especializado para la etapa de vaciado.
- Requiere un diseño especial para correcto desempeño.

2.1.3. APLICACIONES CONCRETO ANTIDESLAVE EN EL MUNDO

Esta especialidad de concreto ha sido ampliamente usada alrededor del mundo en obras expuestas al agua, se ha utilizado concreto antideslave en grandes construcciones, y en grandes obras de ingeniería como las bases del Puente Akashi Kaikyo (Japón), las fundaciones de los puentes de conexión al nuevo aeropuerto internacional de Kansai (Japón), reparaciones de represas. El concreto antideslave tiene muchos usos en diferentes clases de obras civiles, cualquiera en la que el concreto este expuesto: represas, malecones, salidas marinas, puertos, fundaciones de puentes, cajones y cimentaciones de edificios.

2.1.4. REQUISITOS Y PROPIEDADES

Tabla 2.1 Requisitos de Resistencia de Concreto Antideslave¹

Resistencia Mínima en % de Control	
3 días	90
7 días	90
28 días	90

- Los efectos de la mezcla antideslave sobre el tiempo de fragua no es un requisito, pero el usuario debe ser consciente de que algunas marcas de aditivos retardan esta propiedad. Si esto es fundamental para el trabajo puede ser controlado.
- La pérdida del slump solo será tolerable si pierde el 50% con respecto a la mezcla de control.
- La repetición de pruebas de propiedades se compondrá de pérdida de asentamiento del hormigón fresco y resistencia a la compresión a los 28 días.
- El aumento de contenido de aire, deberá ser máximo de 3%, en relación a la mezcla de control.
- Pruebas adicionales de rendimiento actualmente en esta norma pueden ser requeridos por los usuarios que tienen necesidades especiales.
- Se requiere que el concreto sea muy fluido para mejorar y facilitar la colocación del concreto.

2.2. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL CONCRETO.

2.2.1. PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO

El concreto en estado fresco, consiste en un aglomerado compuesto por cemento, agua, agregados gruesos, finos y vacíos, cuya masa plástica y fluida, se adapta en buena medida al contenedor que lo posee.

¹ (The U.S. Army Corps of Engineers, 2006)

2.2.1.1. TRABAJABILIDAD

La trabajabilidad es la capacidad que tiene el concreto en facilitar el proceso de vaciado y amoldarse con relativa facilidad a las necesidades de secciones requeridas, además se puede entender como la oposición que tiene frente a la segregación del concreto.

El concreto debe tener la capacidad de ser lo suficientemente trabajable sin provocar la separación de los materiales, durante el proceso de transporte y colocación.

El nivel de trabajabilidad para una adecuada tarea y óptimo desempeño, varía dependiendo de la función de la que se encargará en la estructura y se controla por la colocación, consolidación y calidad del concreto.

Existen propiedades relacionadas a la trabajabilidad como la consistencia, segregación, exudación. La consistencia está relacionada a la trabajabilidad y se mide a través del cono de Abrams, dentro de menor sea el revenimiento se considerará una pasta más seca, dificultando la capacidad de compactarse, sin embargo una mezcla muy fluida permitirá la conformación de espacios vacíos y segregarse, por lo que la trabajabilidad será entendida como una propiedad, una correcta colocación teniendo en cuenta la mayor uniformidad posible.

Hay muchos factores que influirán en la trabajabilidad siendo los más determinantes los siguientes:

- Consistencia del concreto, manifestado a través del asentamiento por el método del cono de Abrams también conocido como revenimiento.
- Cantidad de agua
- Las propiedades y características del material cementicio.
- Método de transporte y su duración.

- Cantidad de aire que posee la mezcla.
- Tamaño, forma, fricción que producen o poseen los agregados usados.
- Temperatura de vaciado del concreto.

Una recomendación para mejorar el ordenamiento de los materiales, es hacer uso del aire incorporado permitiendo la mejora de la trabajabilidad a través de impedir la segregación.

2.2.1.2. AIRE ATRAPADO

El concreto es un aglomerado de materiales con espacios vacíos en su interior, copadas de burbujas de aire, que a su vez pueden aumentar considerablemente mediante un agente adicionador, que introducirá burbujas más considerablemente menores en tamaño y más dispersas.

El aire atrapado es importante cuando el concreto se somete por debajo de nivel del agua o es expuesto a condiciones desfavorables de intemperismo como la congelación, el aire que queda atrapado en el concreto sirve como un medio de alivio para las presiones internas que se generan debido a los cambios de temperatura y volumen de agua que quede dentro del concreto, produciendo formación de grietas, evitando que éstas sean excesivas.

El concreto deberá ser lo más uniforme posible y un aumento desmedido de aire, conllevará a una disminución de la resistencia.

Se establece que el concreto podría perder de 3 a 5% de su resistencia por cada 1% de aire que contenga la mezcla, por lo que toma importancia el control que se tenga sobre esta.

2.2.1.3. SEGREGACIÓN

Esta propiedad es la que produce una división entre los componentes del concreto, cuando no logra una correcta uniformidad en la distribución de sus componentes, necesario para un correcto desempeño, una fractura en la pasta producida por la separación de los agregados por el peso y densidad de estos, provocando que el agregado grueso descienda a la parte inferior del concreto.

La resistencia a la segregación se entiende como una pasta cuya homogeneidad se da en toda dirección a lo largo de toda la mezcla.

El problema de la segregación aparece en la colocación y compactación, produciendo concretos con resistencias y durabilidad variable en sus diferentes partes, siendo impredecible su comportamiento.

El control de esta propiedad deberá darse desde la mezcladora, teniéndose consideración en la etapa de transporte, vaciado y compactado.

Las razones de este fenómeno van desde un exceso de finos y baja cantidad de agua, conformando una masa demasiado seca, evitando que se produzca la suficiente pasta para envolver al agregado grueso que inevitablemente descenderá.

Si se emplea altas cantidades de agua la pasta no tendrá la viscosidad necesaria para mantener la homogeneidad.

2.2.1.4. EXUDACIÓN.

Sangrado (exudación) es la acumulación de una masa de agua sobre la superficie del concreto recién vaciado. Está relacionado con la sedimentación de los elementos del concreto más pesados, empujando al agua afuera de la mezcla. Es un fenómeno normal y por lo general no debería disminuir la calidad del concreto si es que su colocación fue adecuada, además de considerarse positiva al permitir un mejor control del fisuramiento provocado por la retracción plástica. El exceso de agua en la superficie podría incidir en el aumento de la

relación agua cemento, provocando un cascarón que se desempeñe por debajo de los lineamientos requeridos, además de disminuir su durabilidad.

A su vez luego de evaporada el agua de sangrado, se observará una disminución de altura de la estructura comparada con una recién vaciada, este proceso de disminución de la altura se denomina retracción por sedimentación.

La relación de sangrado con el peso del concreto original aumenta con la cantidad de agua usada, altura del elemento estructural, así como la presión a lo largo de la estructura. Se puede lograr un control del sangrado usando la granulometría adecuada, aditivos químicos, materiales cementantes más finos, aditivos químicos, etc.

El concreto usado para proporcionar impermeabilidad con una buena adhesión debe presentar bajo sangrado para evitar formación de bolsas de agua.

2.2.1.5. PESO UNITARIO

El peso unitario de los agregados también se puede entender o describir como la masa que ocupa un agregado en un determinado volumen, este volumen a su vez estará integrado por el mismo volumen de partículas que componen el agregado y el espacio vacío existente entre ellos.

También conocido como densidad del agregado, que en forma práctica será dividir la masa que ocupa éste en un espacio determinado por un molde normalizado, las unidades usadas para esta propiedad serán consideradas en kg/m^3 (lb/pe^3), según el sistema a ser utilizado, y las normas que rigen.

Los resultados obtenidos serán obligatorios para permitir un correcto proporcionamiento o dosificación de mezclas de concreto, según las normas peruanas se usarán los pesos unitarios sueltos, así como los compactados mediante varilla.

2.2.1.6. PÉRDIDA DE FINOS (WASHOUT)

La pérdida de finos es la capacidad que tiene un concreto de resistir de los actores externos, que intervienen en el instante del vaciado, la disminución de la cantidad de partículas de menor tamaño, alterando la proporcionalidad obtenida a través del diseño de mezclas.

La disminución de partículas finas podría llevar a la mezcla, a perder su cohesividad, así como su resistencia a la compresión, y durabilidad, por lo que su cálculo adquiere elevada importancia al momento en que entre en contacto con el agua.

2.2.1.6.1. MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE PÉRDIDA DE FINOS EN CONCRETO FRESCO SUMERGIDO EN AGUA²

Equipos:

- Tubo de Lavado.- Un tubo limpio cilíndrico de plástico de las siguientes dimensiones:

Diámetro interior = $190 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$

Diámetro exterior = $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$

Altura = $2000 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$

- Contenedor Cilíndrico.- Un embase cilíndrico de acero, con tapas de espesor nominal de 1.4 mm, perforadas a ambos lados, las perforaciones deberán tener forma circular y además un diámetro de 3mm con separación entre sus centros de perforación de 5 mm entre orificios adyacentes.
- El diámetro del contenedor será de $130 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ y la altura debe ser de $120 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$.

² (The U.S. Army Corps of Engineers, 2006)

- Cuerda.- Una cuerda de longitud suficientemente larga para la introducción y posterior retiro del embase metálico del tubo antes mencionado.
- Balanza.- Una balanza de precisión con la que se medirá la masa de la muestra con una precisión de 0,05 por ciento de la masa de la muestra.
- Vara.- Varilla de acero de 10 mm (3/8 pulg.) de diámetro, con el borde final redondeado o semiesférico del mismo diámetro que la varilla, de aproximadamente 300 mm (12 pulg.) de largo.

Muestra:

Obtención de una muestra representativa de concreto de acuerdo con el Método C 172. Con cantidad suficiente para llenar el recipiente que recibirá la muestra.

Procedimiento

- 1) Nivela la base del tubo de lavado y llena el tubo con agua hasta una altura de $1\ 700 \pm 5$ mm.
- 2) Determina la masa del recipiente receptor y la cubierta. Ponga una muestra de concreto fresco, con una masa ligeramente superior a 2.000 g, en el recipiente receptor.
- 3) Varillar la muestra 10 veces con una varilla de 10 mm de diámetro. Toque en el lado del recipiente con la varilla de 10 a 15 veces. Limpia el hormigón extruido desde el exterior del recipiente.
- 4) Determina y registra la masa del concreto como M_i (masa inicial), M_i será 2000 ± 20 g.
- 5) Coloque la cuerda al recipiente receptor. Coloque el contenedor receptor manteniendo la muestra con su tapa en su lugar dentro del

tubo de lavado e inferior hasta que el fondo del recipiente está en contacto con el agua.

6) Deje que al contenedor receptor caer libremente a través del agua a la parte inferior del tubo. Después de esperar 15 seg, sacar el recipiente receptor en 5 ± 1 seg. Deje que el contenedor receptor drene durante 2 minutos, inclinando ligeramente para permitir que el agua corra de la parte superior de la muestra. Determinar la masa del concreto queda en el recipiente de recepción y registro como M_f (masa final). La pérdida de masa del concreto en el contenedor de recepción es igual a $M_i - M_f$.

7) Realizar la secuencia de tres veces sobre la misma muestra, determinando M_f cada vez. El M_f después de la secuencia final es la pérdida acumulada en la masa.

8) Cálculos

Washout, o la pérdida de masa de la muestra, expresado como un porcentaje de la masa inicial de la muestra está dada por la siguiente fórmula:

$$D = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

(The U.S. Army Corps of Engineers,
2006)

Dónde:

D = lavado, %

M_i = masa de la muestra antes de la prueba inicial

M_f = masa de la muestra después de cada prueba

2.2.2. PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO

El concreto luego de superar el tiempo de fraguado, sufre cambios químicos que alteran su estructura pasando de un estado en el que deja de ser maleable, adquiriendo rigidez, es en este estado que adquiere de altas resistencias a la compresión, es el estado endurecido del concreto, convirtiéndose en un material único, de características particulares.

2.2.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Normativa

- ASTM C31 Práctica estándar para Elaborar y Curar Probetas
- ASTM C39 Método Estándar de Prueba de Resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto.

Descripción

La resistencia a la compresión del concreto es la característica cuantificable más común usada por ingenieros en el diseño y construcción de elementos de concreto, su resistencia suele ser medida mediante ensayo de laboratorio rompiendo probetas cilíndricas en una máquina que mide la resistencia bajo condiciones de compresión, y cuyo valor se obtendrá de la relación de fuerza axial aplicada entre el área de la sección cargada, usándose de unidad el kg/cm^2 en nuestro medio.

Los resultados de las ensayos de resistencia a la compresión son utilizados para constatar que el concreto elaborado en obra cumpla las especificaciones, requisitos control de la calidad $f'c$ y su aceptación determinados en el proyecto.

2.2.2.2. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Normativa

- ASTM C-469 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression

Descripción

El módulo de elasticidad es la capacidad de un material de poder deformarse bajo la aplicación de una carga, sin necesidad de sufrir deformaciones permanentes.

El concreto al no poseer propiedades elásticas al no poseer un comportamiento lineal a lo largo de la curva esfuerzo deformación se puede definir a través de una tendencia, en la tangente de la curva en el inicio de esta, o una recta secante o de tendencia que une en la curva el punto inicial con su esfuerzo último.

El módulo de elasticidad en el concreto se obtiene a través de pruebas de laboratorio y obedecen a la fórmula que está en relación directa con la resistencia a la compresión del concreto, de $15000 \cdot \sqrt{f'_c}$ y resultando valores que oscilan entre 200,000 a 350,000 kg/cm².

Para mezclas con mejor desempeño se necesitan mayores valores de su módulo de elasticidad y deformaciones, que una mezcla de baja calidad.

2.2.3. MATERIALES QUE COMPONEN EL CONCRETO.

2.2.3.1. AGUA.

Normativa

- ASTM C 94 Standard specification for ready mixed concrete

- NTP 339.088: 2014 Hormigón (concreto). Agua para morteros y hormigones de cementos portland.

Descripción

Usualmente cualquier fuente natural de agua que no presente un fuerte sabor ni olor puede ser usado en la preparación de concreto, incluso aguas no potables pueden ser utilizadas si se considera que esta dentro de los límites permisibles.

El uso de agua de composiciones no confiables se puede usar en concreto a través de su comprobación con pruebas de desempeño, Las normas ASTM C 94 (AASHTO M 157) y AASHTO T 26 presentan criterios de aceptación para el agua que será usada en el concreto (Tablas 2.2 y 2.3.).

Tabla 2.2 Criterios de Aceptación para Abastecimientos de Aguas Dudosas (ASTM C 94 o AASHTO M 157)³

	Límites	Método de ensayo
Resistencia a compresión, porcentaje mínima en relación al control, a los siete días	90	C 109* o T 106
Tiempo de fraguado, diferencia en relación al control, hr:min	de 1:00 más temprano a 1:30 más tarde	C 191* o T 131
* La comparación debe estar basada en proporciones fijas, así como en el mismo volumen de agua de ensayo comparado con una mezcla de control preparada con agua de la ciudad o agua destilada.		

Tabla 2.3 Límites Químicos para Aguas de Lavado Usadas con Agua de Mezcla (ASTM C 94 O AASHTO M 157)⁴

Sustancia química o tipo de construcción	Concentración máxima en ppm*	Método de ensayo**
Cloruro, como CL		ASTM D 512
Concreto pretensado o para tablero de puentes	500	
Otros tipos de concreto reforzado en ambiente húmedo o conteniendo elementos de aluminio o metales distintos embebidos o cimbras permanentes de metal galvanizado	1000	

³ (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 96)

⁴ (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, pág. 96)

Sulfato, como SO ₄	3000	ASTM D 516
Álcalis	600	
Total de sólidos	50000	AASHTO T 26

*El agua de lavado usada como agua para la preparación del concreto puede exceder a los límites de concentraciones de cloruros y sulfatos presentados si se puede mostrar que las concentraciones totales calculadas en el agua de mezcla, incluyendo agua de mezcla en los agregados y otras fuentes, no excedan a los límites establecidos.

**Se puede usar otros métodos de ensayos que han enseñado resultados semejantes.

El exceso de impurezas que se puedan presentar en el agua puede afectar diversos apartados del concreto como el tiempo de fragua y la resistencia del concreto, además puede afectar drásticamente su calidad a través de otras problemáticas como eflorescencias, corrosión de la malla de acero, modificaciones en el volumen, y costos respecto a su durabilidad, para ello se puede tomar en consideración algunos límites para determinar el daño que podrían causar en las diversas propiedades del concreto, y algunas de ellas pueden tener efecto en varias propiedades del concreto.

2.2.3.2. Cemento

Normativa

- NTP 334.009 (Cementos. Cemento portland – requisitos)
- NTP 334.090 (Cemento. Cemento portland adicionado – requisitos)

Descripción

Los cementos portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos hidráulicos de calcio. Los cementos hidráulicos fraguan y endurecen porque reaccionan por acción química al entrar en contacto con el agua. Durante este proceso de hidratación del cemento se forma una pasta o masa moldeable que al endurecerse adquiere resistencia y consistencia rígida. Esta pasta al mezclarse con agregados finos y gruesos, actúa como una clase de adhesivo y juntos forman el concreto, con características muy

versátiles a la hora de construir, y además es el más usado en el mundo.

El proceso de hidratación que es el que empezara al instante del contacto de las partículas cementicias con el agua. En la que en la superficie de cada partícula de cemento se forma una capa fibrosa que gradualmente se propaga hasta que se enlace con la capa fibrosa de otra partícula de cemento o se adhiera a las sustancias adyacentes.

El aumento de las fibras formadas se van endureciendo y provocando rigidización, convirtiéndola en una masa que irá adquiriendo resistencia a medida que las partículas cementicias se sigan hidratando y formando más fibras, al mismo tiempo que pierde trabajabilidad, esto empieza a ocurrir generalmente a las 3 horas de inicio de la hidratación, pero al mismo tiempo depende de la finura y composición del cemento, además de si se usa alguna clase de aditivo. Este proceso continúa y sus resultados depende de las condiciones favorables en las que trabajen, desde la temperatura, humedad y espacio disponible para que sigan formándose las fibras. Con forme continúe el proceso la masa se irá rigidizando más y volverá más resistente, obteniéndose la mayor parte de su resistencia en el primer mes, pero el proceso puede continuar a lo largo de años.

El cemento más usado en el sur del Perú, es Cemento Portland Adicionado tipo IP, de la empresa Cementos Yura, y cuyas características se detallan a continuación:

- Producto obtenido de la molienda conjunta de clinker, yeso y puzolana.
- La resistencia a los 28 días es igual al Cemento Pórtland tipo I.
- Desprende menor calor de hidratación, lo que reduce la retracción térmica.

- Por ser un cemento más finamente molido, mejora la impermeabilidad favoreciendo una mejor conservación del concreto.
- Su resistencia a la acción de los sulfatos es mejor en comparación al Cemento Pórtland Tipo I.
- Mayor trabajabilidad en morteros y revestimientos.

2.2.3.3. AGREGADOS

Normativa

- ASTM C 33, Especificación Normalizada para Agregados para Concreto
- AASHTO M80, Standard Specification for Coarse Aggregate for Hydraulic Cement Concrete
- AASHTO M6, Standard Specification for Fine Aggregate for Hydraulic Cement Concrete
- NTP 400.037, AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto

Descripción

La importancia que se le debe dar a la calidad y gradación correcta de los agregados no se debe descuidar, ya que ocupan cerca del 60% y hasta el 75% de la composición del concreto e influyen tanto en las características del concreto como en su costo final.

Los agregados finos suelen estar compuestos de arena natural o piedra triturada mediante maquinas especializadas, deben poseer partículas menores de 5 mm. Así como los agregados gruesos consisten en una combinación de piedras y gravas trituradas cuyos tamaños de diámetro van entre 9.5 mm hasta los 37.5 mm. Se

pueden encontrar canteras en que el procedimiento al que serán sometidos será mínimo.

Los depósitos naturales de agregados se excavan o dragan de minas, ríos, lagos o lechos marinos y serán sometidos a trituración en caso sus tamaños sean mayores a los necesitados para la elaboración de concreto, además de darles formas angulares para mejorar su comportamiento físico. La escoria de alto horno procesada también es usada como agregado grueso o fino según su gradación.

Los agregados comúnmente se trituran y gradan en la planta de procesamiento según las necesidades. Se tiene variabilidad en las características que poseen los agregados en cuanto a propiedades físicas, incluso si hablamos de la misma cantera, por lo que se deben seguir los ensayos de caracterización frecuentemente.

En el concreto los agregados que usamos están compuestos de piedras y minerales, cuya composición debe contener rangos límites. Las piedras según su origen natural se dividen en ígneas, sedimentarias o metamórficas, y están compuesto es su mayoría de una diversidad mineral. El intemperismo y la erosión a la que están expuestas de las eras geológicas es lo que da por resultado los materiales usados para el concreto, agregados gruesos (la piedra, grava) y los agregados finos (arena), además de suelos como son limos y arcillas, no recomendados en mezclas.

El concreto reciclado o también conocido como el desperdicio de demolición triturado, es una alternativa de solución para ubicaciones geográficas donde es difícil conseguir agregados de calidad o en su defecto escasean, es plausible la optimización de costos, y su trituración usa la maquinaria convencional.

Los agregados tienen que seguir las obligaciones de algunas normas de tal forma que la ingeniería se optimiza, las partículas de los agregados deberán poseer adecuada resistencia y dureza, alta durabilidad y libre de la absorción de productos químicos, además

de evitar cubiertas de suelos que puedan atenuar las propiedades del concreto.

Los agregados con características deleznablez deberán evitarse, así como exceso de partículas esquistas, porosas y de baja resistencia, deberá asegurarse la durabilidad y evitarse los cherts (roca sedimentaria formada por fibras de partículas de sílice) que son susceptibles al intemperismo.

La composición de un agregado no puede en sí dar certificación de un correcto desempeño del agregado, en el caso de agregados gruesos la inspección visual demuestra debilidades de este, lo que vuelve a los servicios de registro de incalculable valor. Si hacemos uso de una cantera no explotada, o alguna clase de agregado cuyo desempeño no sea conocido, deberá someterse a múltiples pruebas para verificar su correcto comportamiento antes de usarse en concreto.

Los agregados normales y usados frecuentemente da por resultado valores que rondan de los 2200 a 2400 kg/m³ de concreto, sin embargo bajo ciertas consideraciones se hace uso de un concreto cuyas necesidades requieren de un concreto liviano compuesto de esquisto, arcilla, pizarra y escoria expandidos cuyo peso puede variar desde los 1350 a 1850 kg/m³. También se puede hacer uso de concreto con materiales aún más livianos cuya función no estructural permita su uso entre los que encontramos la piedra pómez, perlita, vermiculita y diatomita cuyo peso va de 250 a 1450 kg/m³. Los agregados más pesados compuestos de barita, limonita, magnetita, ilmenita, hematina, se usan para concretos con altas densidades no usadas en edificaciones comunes, y sirven para evitar el paso de radiación; de cualquier forma la siguiente investigación solo hará uso de agregados convencionales, es decir pesos comunes.

Por otra parte los contenidos de aire, agua, cemento y agregado fino tienden a poseer del 50 al 65% del volumen de concreto, los agregados gruesos con contorno redondeado, se recomienda que

baje los valores antes mencionados y los agregados gruesos obtenidos de chancadoras incrementaran el porcentaje en mención.

2.2.3.4. ANTIWASHOUT ADMIXTURES. AWA.

DEFINICION

El AWA es aquel material que por sus propias características inhibe los efectos producidos por la intervención del agua que proviene de afuera de la mezcla y deteriora la calidad del concreto, el AWA posee la capacidad de aumentar la cohesión y disminuye la capacidad de división de los materiales que lo componen, disminuye la permeabilidad del concreto, de tal forma que aisle a la mezcla de factores externos que deterioren y e impidan un correcto desempeño.

CLASES

Según Ramachandran⁵ Categoriza los aditivos (AWA) en cinco tipos dependiendo las acciones que cree dentro del concreto. Las exponemos a continuación.

- **Tipo A** - Polímero orgánico soluble, sintético que aumenta la viscosidad al contacto con el agua en la mezcla. Tipo de materiales de esta clase incluyen celulosa - éteres, óxidos de polietileno, etc.
- **Tipo B** - floculantes, material químico que concentra materiales suspendidos, de tipo orgánico y solubles en agua, que son absorbidos por los partículas cementicias y aumentan la viscosidad debido al aumento de atracción entre los granos de cemento, una vez hidratados. Los materiales de clase B incluyen copolímeros de estireno con grupos carboxilo, polielectrolitos sintéticos, y gomas naturales.

⁵ (Ramachandran, 1984, págs. 528 - 533)

- **Tipo C** - Emulsiones de diversos materiales orgánicos, que provocan una mejora en la atracción entre partículas y suministra adicionalmente partículas superfinas a la pasta de cemento. Entre los materiales que pertenecen a la clase C son emulsiones acrílicas y dispersiones acuosas de arcilla.
- **Tipo D** - Material inorgánico de alta área superficial que aumenta la capacidad de retención de agua de la pasta de cemento, tales como bentonitas, humo de sílice, amianto y molido.
- **Tipo E**- Materiales inorgánicos que poseen gran área superficial y que aumentan el contenido de partículas finas en pasta, tales como cenizas volantes, cal hidratada, y la tierra de diatomeas.

Según Kawai⁶ Clasifica polímeros solubles en agua como sigue:

- Los polímeros naturales que incluyen almidón, gomas naturales y proteínas vegetales.
- Polímeros semisintéticos que incluyen almidón descompuesto y sus derivados; derivados de celulosa - éter, tal como hidroxipropil metil celulosa (HPMC), hidroxietilcelulosa (HEC) y carboxi metil celulosa (CMC); así como electrolitos, tales como alginato de sodio.
- Los polímeros sintéticos, incluyendo los basados en etileno, tal como óxido de polietileno; y los basados en vinilo, tal como alcohol de polivinilo.

2.2.3.4.1. AWA BASADOS EN CELULOSA

Los aditivos Antiwashout más utilizados en la construcción y producción de concreto son derivados de celulosa y polisacáridos de fuentes microbianas, tales como velan gum. Polímeros basados en Acylic, tales como productos de hidrólisis parcial de un copolímero de poliacrilamida de acrilamida y acrilato de sodio. Este último tipo de

⁶ (Kawai, 1987, pág. 6)

AWA contiene acrilamida como su componente principal. Los derivados de celulosa a menudo contienen éter de celulosa no iónico como componente principal, en el que se utilizan diferentes materiales.

Los diversos polímeros solubles en agua forman soluciones viscosas que se unen una parte del agua de mezcla en hormigón fresco, mejorando así la viscosidad plástica y valor de rendimiento de la pasta.

El modo de acción de un AWA depende del tipo y la concentración del polímero en uso. Se cree que los derivados de velan gum y de celulosa aumentan la viscosidad en el agua de mezcla, ya que las moléculas de polímero de cadena larga se adhieren a la superficie de las moléculas de agua, por lo tanto la absorción y la fijación de una parte del agua y por lo tanto su expansión. Por otra parte, las moléculas en cadenas de polímero adyacentes se entrelazan y desarrollan fuerzas de atracción, por lo tanto bloquea aún más el movimiento del agua y haciendo que el gel muestre una mayor viscosidad.⁷

Dependiendo de la concentración de un AWA, las cadenas de polímero en el hormigón pueden enredarse o asociarse, lo que resulta en un aumento de la viscosidad aparente a bajas tasas de corte. Con el aumento en la velocidad de corte inducida por el bombeo, o la consolidación del concreto AWA, las cadenas enredadas pueden desagregarse y alinearse en la dirección del flujo. La viscosidad aparente a continuación, puede disminuir con mejora en la fluidez y la capacidad de extensión del hormigón.

La incorporación de una AWA refuerza la cohesión y reduce el riesgo de separación de los componentes del concreto. Esto es ventajoso en lechadas de cemento donde se utilizan para llenar los conductos de varillas post-tensadas. En las que diferentes presiones hidráulicas entre los huecos de la lechada y del aire atrapado entre los diferentes tendones, pueden conducir a la separación de una parte del agua de la lechada. El sangrado de agua puede ser forzado en los huecos

⁷ (Izumi, 1990, pág. 23)

estrechos entre los tendones y los filamentos, estos que pueden ser demasiado pequeños para ser penetrados por granos de cemento. Después, el agua se puede movilizar hacia arriba por acción capilar y llegan a depositarse más arriba en los conductos de post-tensado.

Dado que parte del agua de mezcla se utiliza para hidratar el aditivo AWA, un concreto con AWA puede ser pegajoso y viscoso. Se necesita un aditivo reductor de agua o HRWRA para disminuir el valor de su propio rendimiento para mejorar la auto compactación sin aumentar la relación agua-cemento (w / c). Incluso en la presencia de tales aditivos; la velocidad del flujo, producto de este concreto viscoso, es más lenta que la de un hormigón no AWA de un slump similar. Un flujo viscoso tal, es deseable en vaciados bajo el agua, ya que la reducción de la velocidad del flujo del concreto puede disminuir la mezcla del agua con el concreto fresco, lo que limita la expulsión de cemento y agregados finos en suspensión al agua circundante. Esta mejora en la resistencia de lavado puede mejorar significativamente la calidad in situ de concreto bajo el agua.

Los derivados de celulosa se utilizan a menudo en combinación con HRWRA a base de melamina debido a sus incompatibilidades con HRWRA a base de naftaleno.

2.2.3.4.2. SIKA FUME⁸

DEFINICION

The American Concrete Institute (ACI) define el SILICA FUME como "partículas de sílice no cristalino, producido en hornos de arco eléctrico como un subproducto del de silicio elemental o aleaciones que contienen silicio" (116R, 2005). Suele ser un polvo color gris o blanco humo, muy parecido al cemento o al fly ash (ceniza volantes).

⁸ (Holland, 2005)

El SILICA FUME pertenece al grupo de aditivos de concreto o material de cemento añadido, es decir materiales adicionales a los convencionales (agua, cemento, agregados).

El Silica Fume también se le puede conocer por otros nombres o denominación, siendo el mismo producto; se podría mencionar algunos como:

- Humo de Sílice Condensado
- Micro sílice
- Sílice Volatilizada

Se pueden encontrar productos que físicamente o químicamente se parecen y/o tienen desempeños similares al Silica Fume; estos pueden ser o no subproductos, y entre ellos también pueden desempeñarse correctamente en compañía del concreto, no en todos los casos con costos aceptables para la construcción.

PRODUCCION DE SILICA FUME

El Silica Fume es un subproducto obtenido en la producción de metal de silicio o aleaciones ferrosilicio en fundiciones que utilizan hornos de arco eléctrico. Estos metales son usados en muchas aplicaciones industriales incluido la producción de aluminio y de acero, la elaboración de chips de computadora, y fabricación de siliconas, frecuentemente utilizadas para los lubricantes y selladores. A pesar de ser materiales altamente importantes, el subproducto que es el Silica Fume es el que toma mayor importancia para la construcción y al momento de producir concreto.



Figura 2.1 Horno de fundición antes del uso del humo de sílice.⁹

PROPIEDADES Y REACCIONES CON EL CONCRETO

○ PROPIEDADES QUÍMICAS

Las principales propiedades químicas expuestas para el Silica Fume se muestran a continuación, junto con una descripción, cuyos límites están estipulados en las especificaciones estándar para este material, según la norma ASTM para Silica Fume.

- ✓ Amorfo: Esto quiere decir que Silica Fume no es un material cristalino, un material cristalino no se disolvería en concreto, lo que es necesario para que el material pueda reaccionar; tomando en cuenta que en el concreto, la arena es un compuesto esencialmente de dióxido de silicio (SiO_2) pero que no reacciona debido a su naturaleza cristalina.
- ✓ El dióxido de silicio (SiO_2): Este es el material reactivo en el humo de sílice.

⁹ (Holland, 2005)

- ✓ Oligo-elementos: En el Silica Fume se pueden presentar materiales adicionales a su composición que alteren su composición dependiendo del metal que se produzca en la fundición de la que se capturó el humo. Es común que estos materiales no tengan una repercusión en el rendimiento en el concreto del Silica Fume. Las especificaciones normadas ponen límites a estos adicionales, analizados debidamente en laboratorio.

- **PROPIEDADES FISICAS**

Las principales propiedades físicas del Silica Fume se describen a continuación acompañado de una pequeña descripción. Estas propiedades serán limitadas por las especificaciones estándar expuestas en la norma ASTM.

- ✓ **Tamaño de las partículas:** Las partículas de Silica Fume son muy reducidas en tamaño, presentando más del 95% de ellas con un tamaño menor de $1\mu\text{m}$ (micrómetro). Este aspecto cobra relevancia tanto para sus propiedades químicas como para las físicas del Silica Fume usado en concreto.
- ✓ **Densidad aparente:** Es otra forma de expresar el peso de sus moléculas. Esta propiedad va estrechamente vinculada con el material metálico que este siendo procesado en la fundición, así como el procedimiento al que es sometido en el horno. Debido a que esta densidad producto de pirolisis muestra valores muy bajos, su transporte para distancias largas aumenta considerablemente el costo del flete y del producto final.
- ✓ **Gravedad específica:** Esta propiedad es un número representativo que indica cómo es que se compara en relación con el agua, este valor será usado posteriormente para lograr una correcta dosificación del concreto, el valor al que tiende el Silica Fume llega a ser 2.2, lo que indica que es menor a la del

cemento portland, que posee una gravedad específica de 3.15 aproximadamente.

- ✓ **Superficie específica:** Esta propiedad representa el área de la superficie total de una masa determinada de un material, siendo las partículas del Silica Fume muy pequeñas, su relación con el área de su superficie es muy grande. Tal como ocurre con la arena que implica un aumento en la cantidad de agua a la mezcla ocurre lo mismo con el Silica Fume, es por ellos que implica su uso acompañado de un súper plastificante o un reductor de agua. Esta propiedad es medida mediante una prueba especializada llamado el "método BET" o "método de absorción de nitrógeno". Otros métodos determinísticos de superficie específica centrados en análisis de tamiz o pruebas de permeabilidad al aire no funcionan, obteniendo resultados erróneos para el Silica Fume.

REACCIONES EN EL CONCRETO

Los beneficios obtenidos de agregar Silica Fume a la mezcla, se presentan en la microestructura del concreto, cambios que son resultados de dos procesos indiferentes pero que funcionan de igual en su relevancia. El primero es el relacionado con su aspecto físico de Silica Fume y el segundo es aparte de su estructura química, estos que explicaremos:

- ✓ **Contribuciones físicas:** El aumento de Silica fume a la mezcla, es su adición de millones de partículas de este material, al igual que la arena, llenará los espacios dejados por el cemento de forma análoga a lo que permite el agregado fino con el agregado grueso, permitiendo una mejor distribución de espacios y esfuerzos. Esto se le conoce como el empaquetamiento de las partículas; esta propiedad mejora las condiciones del concreto incluso si no reaccionara químicamente, este efecto de microrelleno obtendría mejoras significativas en la naturaleza del concreto.

Tabla 2.4 Tamaño de partículas del agregado

TAMAÑO DE PARTÍCULAS	
COMPUESTOS	UNID. (S.I.)
Silica Fume	0.5 μm
Cemento	45 μm
Arena o Ag. Fino	2.36 mm
Ag. Grueso	19 mm

✓ **Contribuciones químicas:** El Silica fume es un material que tiene un alto contenido de dióxido de silicio amorfo, es un material Puzolánico muy reactivo con el concreto. Conforme el cemento del concreto comienza a sufrir la reacción con el agua, se produce una liberación de hidróxido de calcio; en este instante el Silica fume reacciona con este hidróxido de calcio formando una masa aglutinante con el nombre de hidrato de silicato de calcio que aparece a partir del cemento portland, y es quizá esta la propiedad que produce que el Silica fume tenga propiedades de endurecimiento muy mejoradas.

La siguiente tabla presenta una comparación de humo de sílice y otros materiales de cemento complementarios utilizados comúnmente. El humo de sílice es típicamente mucho más reactivo, en particular en edades tempranas, debido a su contenido de dióxido de silicio superior y debido a su tamaño de partícula muy pequeño.

Tabla 2.5 Comparación de las características físicas del cemento portland, cenizas volantes, escoria de cemento y Silica fume.¹⁰

COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS - CEMENTO DE PORTLAND, CENIZA DE FLY, CEMENTO DE LLAVE Y HUMO DE SILICE (Nota 1)					
PROPIEDADES	PORTLAND CEMENTO	CLASS F FLY ASH	CLASS C FLY ASH	SLAG CEMENT	SILICA FUME
Contenido SiO ₂ %	21	52	35	35	85 a 97

¹⁰ (Holland, 2005)

Contenido Al ₂ O ₃ %	5	23	18	12	
Contenido Fe ₂ O ₃ %	3	11	6	1	
Contenido CaO %	62	5	21	40	< 1
La finura como superficie, m ³ / kg (Nota2)	370	420	420	400	15000 a 30000
Gravedad Especifica	3.15	2.38	2.65	2.94	2.22
Uso general en hormigón	Carpeta primaria	Reemplazo de cemento	Reemplazo de cemento	Reemplazo de cemento	Refinador de propiedades
Nota 1. Información de SFA y Kosmatka, Kerkoff y Panarese (2002)					
Nota 2. Mediciones del área superficial del humo de sílice por el método de adsorción. Otros por método de permeabilidad al aire.					

SILICA FUME EN CONCRETO FRESCO

El resultado de usa Silica Fume muestra sus primeras mejoras, cuando encontramos el concreto en su estado fresco. Encontramos las dos reacciones producidas: un aumento en la cohesión de la masa y una considerable disminución de sangrado, casi a eliminarla. Según la perspectiva podría considerarse un problema al aumentar la dificultad de colocación y empeorar los acabados.

Estas características proveerán un concreto de mejores características para su correcto desenvolvimiento bajo condiciones adversas bajo el agua.

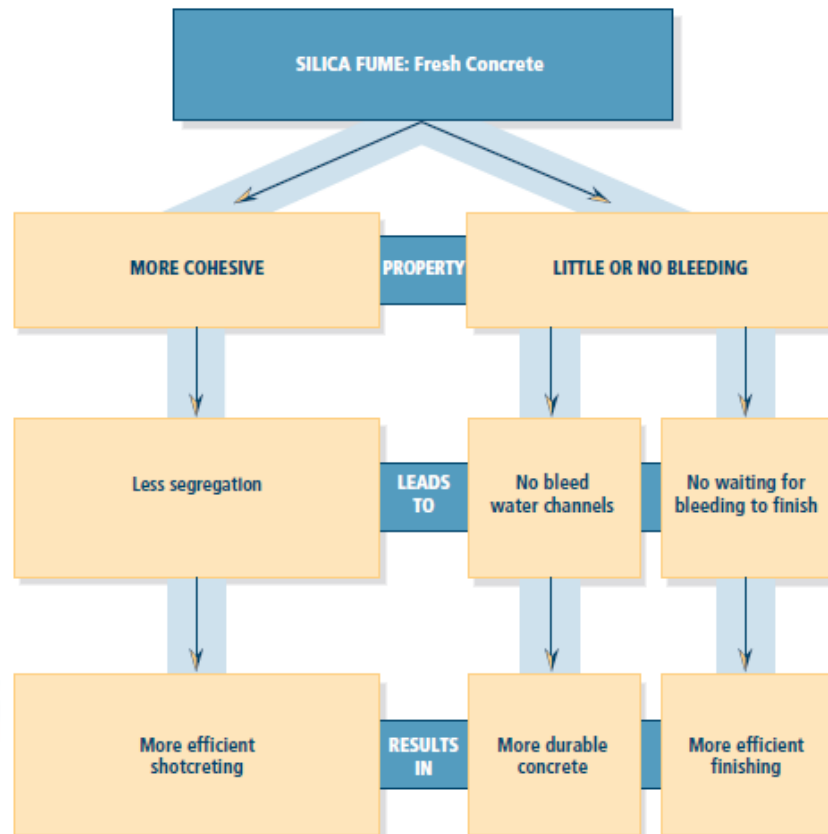


Figura 2.2 Efectos del humo de silicio sobre el concreto fresco y sus efectos sobre el concreto final.¹¹

El aumento de la cohesión

El concreto adicionado con Silica Fume aumenta considerablemente la cohesión en comparación con el concreto sin adicionar, lo cual se traduce en ser menos susceptible a la segregación; a manera de compensar este aumento en la cohesión al momento de la colocación, el concreto con Silica Fume se le aumenta entre 40mm y 50mm mayor revenimiento que la mezcla sin Silica fume.

El sangrado reducido

A causa de la elevada superficie específica del Silica Fume y su bajo contenido de agua del concreto con este añadido, disminuye

¹¹ (Holland, 2005)

potencialmente el sangrado, pudiendo llegar a eliminarse totalmente.

El concreto sangra, así como los componentes de mayor peso se asientan bajo la influencia de la gravedad, antes del endurecimiento.

En consecuencia los materiales se segregan al fondo, el agua al ser considerablemente más ligera, es forzada y tiende a ir arriba, parte del agua también queda atrapada en las partículas del agregado grueso y en la arena, además del acero de refuerzo y una menor parte llega a la superficie, esto se produce por un fenómeno que ocurre denominados canales capilares. Al momento de que el agua atrapada en estos ductos sea evaporada, los agentes agresivos harán uso de estos, como son los iones cloruro a partir de sales de hielo o agua de mar. Al disminuir estos conductos mediante el Silica fume, evitara el ataque de agentes dañinos al concreto, mejorando la durabilidad.

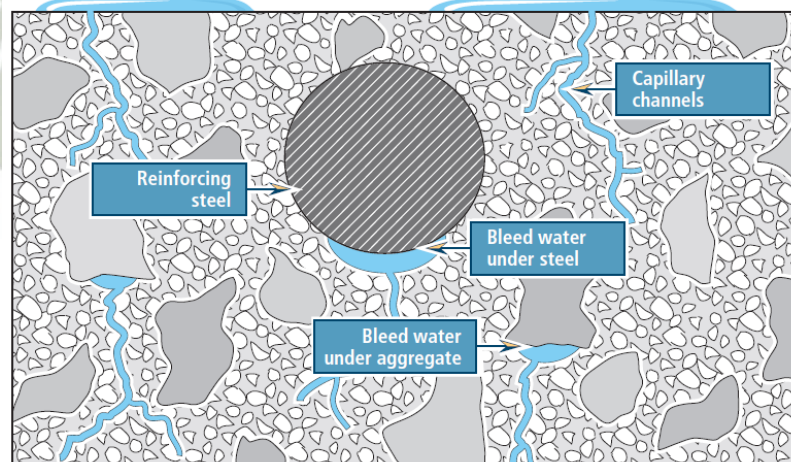


Figura 2.3 Esquema del sangrado y canales capilares.

Adicionalmente a mejorar considerablemente la durabilidad, la disminución de sangrado permite un proceso más eficiente de aplicado del acabado, esto debido a que en el concreto convencional, para llevar operaciones de acabado es indispensable que el sangrado se haya detenido completamente y todo el agua se haya evaporado de la superficie, para permitir una mejor

adherencia del material que se le quiera añadir. Es decir, se tendría que esperar horas o días para empezar con las actividades de acabado. Con Silica Fume este proceso empezara inmediatamente el concreto haya alcanzado suficiente fuerza.

Con concreto usando Silica Fume está demostrado que no muestra sangrado, entonces la colocación del acabado puede ser continua desde el texturizado y curado. Este enfoque es llamado “vía rápida de acabado” y es altamente ventajoso en estructuras donde se especifica mayor durabilidad, como puentes o estructuras de cimentación.

SILICA FUME EN CONCRETO ENDURECIDO

En el concreto endurecido se pueden apreciar dos efectos significativos: mejora de las propiedades mecánicas tales como resistencia y módulo de elasticidad, y la reducción de la permeabilidad, lo que mejora directamente la durabilidad.

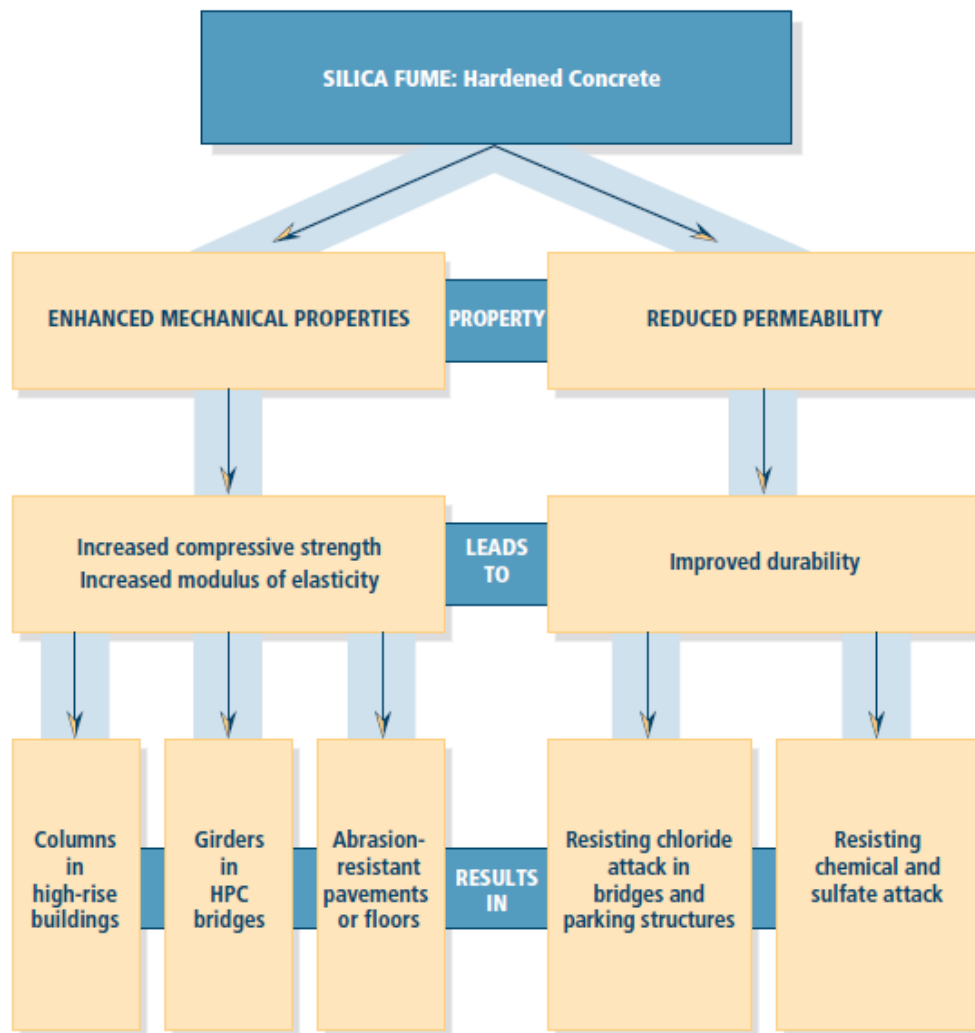


Figura 2.4 Efectos del humo de sílice sobre el concreto endurecido y su uso en aplicaciones de concreto.¹²

Propiedades mecánicas mejoradas

El Silica Fume se ganó una especial atención del mercado de concretos por su capacidad para generar un concreto con mejores propiedades de resistencia a la compresión, así mismo, se observan mejoras de otras propiedades mecánicas tales como el módulo de elasticidad y resistencia a la flexión.

La adición de Silica Fume suele aumentar la fuerza. Sin embargo, los efectos de contenido de agua, contenido de fly ash, si se utiliza, y humo de sílice interactúan para determinar la

¹² (Holland, 2005)

resistencia a la compresión y la tasa de desarrollo de resistencia a la compresión.

El Silica Fume tiene la mayor parte de su impacto en la resistencia a la compresión de aproximadamente 28 días.

Mientras que el hormigón suele seguir ganando fuerza después de 28 días, la tasa de ganancia de resistencia será mucho más lenta. Esta curva de ganancia de resistencia es muy diferente de una Clase F ASTM C 618 de cenizas volantes, que es también un material puramente Puzolánico.

Su capacidad de aumentar resistencias mecánicas se han usado de diferentes formas siendo las primeras cuando se encontraban columnas para estructuras/edificios de alturas considerables. Cuando se analiza la forma en que se carga el edificio y se les trasmite a la cimentación, se tiene que el uso de concreto de alta resistencia es muy eficiente. A medida que aumenta la resistencia del concreto, el tamaño de la columna puede ser reducido. Además de reducir el tamaño de las columnas, el uso de este hormigón se puede reducir y simplificar el acero de refuerzo utilizado en las columnas.

Más recientemente, hormigón de alta resistencia se ha utilizado en alto rendimiento con puentes de concreto. En general, estos puntos han utilizado este hormigón para lograr uno o más de estos tres objetivos:

- Para aumentar la luz de un puente.
- Para reducir el número de vigas por un una misma luz.
- Para reducir la altura de la sección por una determina longitud de luz.

La permeabilidad reducida

En muchas situaciones, la durabilidad del hormigón está directamente relacionada con su permeabilidad. La contribución del Silica Fume es el de reducir la permeabilidad del concreto. Se muestra en la imagen como es la permeabilidad y por qué es importante en el concreto. Mediante la reducción de la permeabilidad, el tiempo de vida se extiende para cualquier producto químico agresivo quiera penetrar en el concreto, y en el que puede causar daño.

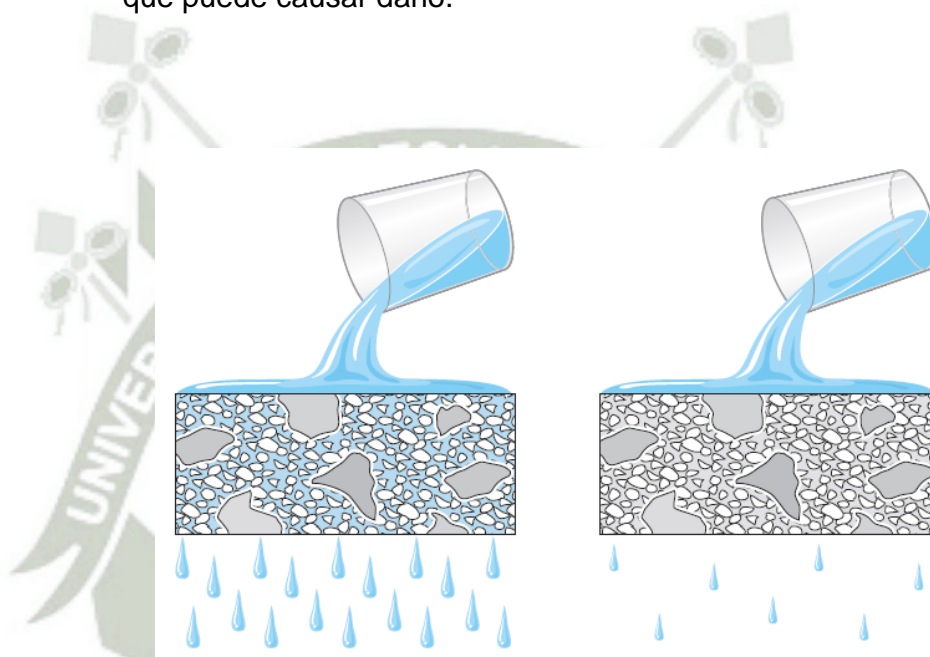


Figura 2.5 Permeabilidad del concreto. Un concreto de alta permeabilidad (izquierda). El adicionar Silica fume puede reducir la permeabilidad a esencialmente cero. Tal reducción hace que sea muy difícil para el agua y productos químicos agresivos tales como cloruros y sulfatos entrar en el concreto.

La reducción en la permeabilidad no es la única contribución de humo de sílice a la durabilidad. Existen pruebas que indican de que el humo de sílice, cuando se usa solo o en combinación con un fly ash adecuado, puede reducir o eliminar el potencial de reacción álcali agregado cuando se utilizan agregados reactivos. Una vez más, se requiere una prueba para determinar la cantidad y los tipos de materiales de cemento adecuado para ser utilizado para cada aplicación particular.

DISEÑO CON SILICA FUME

Los fundamentos de la buena práctica de concreto se aplican también al concreto con Silica fume tal como lo hacen con cualquier otro concreto. En todo caso, violando las buenas prácticas se evidentemente debido a los altos niveles de rendimiento exigidos que especifican en su uso.

Hay que usar el sentido común para esperar el desempeño del concreto, no espere que el Silica fume se comporte totalmente diferente a un concreto convencional.

Funciona a un contenido fijo de material cementante y una relación fijada agua-cemento (a/c) En muchos casos, con el concreto convencional con baja relación agua cemento w/c, el contenido de cemento se eleva para traer más agua y conseguir el slump. Esta práctica no suele ser el caso para el concreto con Silica fume, ya que dará lugar a muy altos contenidos de materiales cementantes.

No hay mayor preocupación particularmente con el resultado del slump. Debido a que las mezclas de concreto de humo de sílice por lo general contienen tan poca agua, puede que no haya suficiente agua para desarrollar una caída medible hasta después de se añaden los aditivos químicos.

Hay que utilizar aditivos químicos para lograr la caída adecuada para su colocación. Por lo general, se utilizarán tanto un reductor de agua (ajuste normal o retardo) y un superplastificante. El reductor de agua se añade con frecuencia al principio de la secuencia de mezcla para ayudar a la trabajabilidad el concreto y se añade el superplastificante después de llevar al concreto al slump deseado para el transporte y la colocación.

En algunos casos, puede ser necesario pasar por encima de los límites recomendados por el fabricante para las dosis aditivo químico, en particular para los superplastificantes. Para concreto de alta resistencia con una muy baja relación agua cemento (a/c), la dosis necesaria puede ser tanto como dos veces la dosis

recomendada. En la mayoría de los casos que tales dosis altas retardarán el fraguado; Sin embargo, una vez que el hormigón comienza a fijar, ganará fuerza muy rápidamente. Las pruebas a la alta dosis de aditivo se recomienda para asegurar que las otras propiedades tales como el contenido de aire no están siendo afectados.

Se requiere aire añadido con concreto si va a estar expuesto a la congelación y descongelación mientras satura. Use la cantidad de aire recomendada en los documentos estándar para el concreto convencional, como el ACI 211.1, y el concreto en masa, o ACI 318, la mayoría de las especificaciones permiten una reducción del uno por ciento en el contenido de aire si la resistencia a la compresión es superior a 35 MPa.

Consideraciones en la construcción:

- ✓ Slump: Concreto con Silica fume muy cohesiva y se comporta de manera algo diferente que el concreto convencional. Un asentamiento dado no será la misma trabajabilidad para el concreto con y sin humo de sílice. Por lo general, la caída para el hormigón de Silica fume se debe incrementar en alrededor de 40 a 50 mm más que concreto sin Silica fume para conseguir el mismo trabajabilidad.
- ✓ Máximo Slump: Una buena regla de oro para el concreto con Silica fume es crear el slump tan alto como sea posible para la colocación. El uso de un slump mayor hace que el cierre de la superficie y lograr un acabado deseado mucho más fácil.
- ✓ Otras recomendaciones: determinar otros requisitos de colocación o de acabado específico que el contratista pueda tener. Cuanta más información disponible antes de dosificar el hormigón, más rápido y más fácil será para desarrollar una mezcla adecuada.

2.2.3.5. SUPERPLASTIFICANTE – REDUCTOR DE AGUA

Normativa

- ASTM C 1017 Standard Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete.
- NTP 334.088 Cementos. Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto).Especificaciones.

Descripción

Este concreto es definido en la norma americana de la ASTM C1017 como aquel en el que el slump tiene una caída de por lo menos 190 mm (7 1/2 pulg.), sin afectar propiedades de cohesión.

Esta clase aditivos se adicionan al concreto para aumentar el slump y la trabajabilidad de la mezcla, mejoran la relación agua-cemento para producir un concreto fluido, con un revenimiento superior al convencional. El concreto fluido o plástico posee una consistencia de pronunciada fluidez, lo suficientemente trabajable para colocar sin necesidad de usar vibración o compactación.

El concreto de alta plasticidad se puede usar en diferentes tareas, siendo algunas:

- Vaciado de concreto cuyas secciones son muy finas.
- Secciones en las que las varillas de acero tienen poco espacio entre ellas, exponiendo el concreto a cangrejeras
- Vaciado debajo del agua
- Concreto bombeado, aumentando la eficiencia de la bomba
- Zonas en las que se debe evitar las maquinas vibratorias
- Disminución de costos del manejo.

Los aditivos superplastificantes usualmente tienen una mayor efectividad para producir concretos fluidos que un aditivo que reduce

la cantidad de agua, sin embargo la duración de este efecto solo va de los 30 a 60 min, seguidamente empieza el endurecimiento, afectado sus bondades de trabajabilidad y de alto slump.

El aumento de temperatura en la mezcla, puede quitar las propiedades del superplastificante. Además el hecho de que con el tiempo pierda sus propiedades, provocan que muchas veces se aplique antes de iniciar el vaciado en obra.

En el mercado existen presentaciones líquidas como en polvo. Y se usan aditivos con el fin de ampliar el tiempo de funcionamiento del aditivo, estos que usualmente son usados en la planta de producción, y de esta forma evitar su pérdida de trabajabilidad.

EL tiempo de fragua puede verse afectado según la composición con la que se haya producido el aditivo, las cantidades que se usen y otros aditivos añadidos, además de la calidad y presencia de otros materiales cementantes. Existen superplastificantes que retardan este proceso hasta en cuatro horas, aunque su resistencia a la compresión no ve diferencias con la de un concreto convencional.

Los concretos que usan superplastificantes son generalmente liberados del sangrado o exudación, muestras experimentales mostraron que estos aditivos pueden mostrar mayor exudación que concretos sin aditivos añadidos, no obstante también mostraron menor sangrado que concretos que tengan que usar mayor relación agua/cemento con el fin de obtener el mismo slump.

También se pudo apreciar que con aditivos superplastificantes en esta clase de mezclas, se produce concretos con menor contracción por secado, en comparación de concretos con igual slump pero sin aditivos añadidos, aunque si resulta en una mayor contracción a un concreto de bajo slump y baja relación agua/cemento.

Los superplastificantes obtienen una mejora de su eficiencia conforme aumenta la cantidad de cemento y partículas finas.

2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

El diseño de mezcla se le denomina al proceso que en el que se determina las proporciones de los materiales a ser usados en la producción de concreto, con el fin de optimizar los recursos y mejorar los resultados.

Para lograr resultados esperados se han ideado en base a diferentes filosofías y razonamientos diferentes métodos, y que según las variables a tener en cuenta pueden ser más difíciles unos que otros, sin embargo no existe una metodología aceptada que de los resultados exactos, por lo que dependerá del constructor hacer uso del que brinde las mejores características según las variable con los que se disponga.

Debido a la variabilidad en obra, muchas veces la exactitud de los resultados no es necesaria, por lo que métodos con menores variables muchas veces dan resultados mucho más precisos.

El contratista en cada caso se permitirá escoger el diseño de mezcla que mejor se le acomode a la obra, y demostrar su validación a través de ensayos de laboratorio, que aseguren su correcto comportamiento, además de poder mejorar este a través de aditivos químicos.

En obra usualmente no se puede asemejar las condiciones que se tienen en laboratorio, pudiendo afectar las pruebas a compresión realizadas, por lo que en obra se suele producir concretos de hasta 20% de resistencia superior a la requerida, y evitar las variabilidades.

El slump requerido deberá cumplirse tanto para pruebas en laboratorio como en obra, y serán certificados por el laboratorio encargado de realizar las pruebas, aprobándose el diseño por el contratista antes de empezar la etapa de vaciados.

Se deberá indicar la procedencia de los agregados, y el diseño deberá considerar las diferentes cantidades de cemento, agua y de los mismos agregados, considerando la variabilidad del TMN del agregado, y así anticiparse a problemas en obra.

Las pruebas de compresión cilíndrica, con las diferentes mezclas de concreto que se usarán para la obra, deberá tener no menos de cuatro muestras para cada edad de ensayo que se disponga a realizar siendo como mínimo a 7 y 28 días.

La revisión de la calidad de concreto en laboratorio a diferentes edades permitirá que se pueda establecer la relación de su ruptura a diferentes edades, por lo que en el momento de vaciado en obra, podrá estimarse la calidad real del concreto in situ.

Se podrá determinar el tiempo óptimo de mezclado y la velocidad de la mezcladora. Y para concretos con uso de aditivos químicos, se usarán también en las pruebas de laboratorio, evitándose su uso mientras no se tengan resultados de estas, además podrá solicitarse variaciones en la mezcla de acuerdo a la funcionalidad que tendrá en la estructura y sus respectivas condiciones de vaciado. En mezclas que requieran resistencias de 210 kg /cm² o superiores, sólo se aceptarán dosificaciones proporcionales al peso.

CONSIDERACIONES BASICAS

Economía y Costos

El costo del concreto será el resultado de los costos individuales de los materiales usados, mano de obra empleada y maquinaria usada.

El costo de los materiales influyen directamente en el precio final por lo que se debe tomar en cuenta, tanto en su cantidad como en su costo particular, y comparar diferentes clases de mezcla que puedan dan resultados similares, evitando aumentar el contenido de cemento, debido a que tiene el costo más alto en materiales.

Recomendaciones para un bajo costo:

- Usar el menor asentamiento posible que permita la adecuada vibración.

- Usar un TMN mayor de agregado, de acuerdo a las limitaciones permitidas y separación de varillas.
- Mejorar la relación que se tenga de agregados.

Hacer uso de aditivos convenientes, según necesidades.

El usar bajo contenido de cemento tiene beneficios adicionales al de los costos, como menores contracciones y menor calor de hidratación.

Muchas veces sobre diseñar el concreto, sobre todo en obras pequeñas, implicaría ahorrar gastos de exhaustivo control de calidad, por lo que debido a las variabilidades inherentes del proceso de producción de concreto, no es recomendable buscar resistencias exactas a las especificadas.

Resistencia y durabilidad

El concreto y su diseño necesitarán una resistencia mínima a compresión que deberá cumplir con las necesidades estructurales necesarias. Y a su vez también podría poner límites a la relación agua/cemento a la cantidad de cemento. Y en el proceso hay que asegurar que se puedan cumplir ambas limitaciones. Además de poder hacer diseños cuyas resistencias en otras edades podrían ser más importantes.

Las limitaciones también podrían indicar requisitos de durabilidad, tal como es la resistencia al congelamiento o ataques de sales o reacciones químicas, todas estas condiciones podrían establecer la clase de diseño a usar, así como los materiales a utilizar.

Se debe tomar en cuenta que la mezcla por más fina que se haya concebido, podría generar concretos de características inapropiadas si se cumplen procedimientos de colocación, acabado, y curado.

INFORMACION REQUERIDA PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

- Ensayo de granulometría.
- Pesos Unitarios del Agregado Fino y Agregado Grueso.
- Pesos específicos de los materiales.
- Contenido de humedad de los agregados.
- Porcentaje de absorción de los agregados.
- Textura y características de contorno de los agregados.
- Clase de cemento y sus características.
- Combinaciones de proporcionalidades y su relación con la resistencia.

PASOS PARA EL PROPORCIONAMIENTO

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- Análisis de las especificaciones.
- Cálculo de la resistencia requerida.
- Selección del Slump o revenimiento.
- Uso del TMN del agregado grueso.
- Hallar contenido de agua y la cantidad de aire atrapado.
- Selección de la relación agua/cemento.
- Calcular el peso del cemento, en base a la relación a/c.
- Hallar volúmenes y pesos de los agregados.
- Ajustar los pesos de los agregados dependiendo su humedad y absorción.
- Calcular las proporciones.
- Estimar las tandas.

2.2.5. MÉTODO TREMIE¹³

¹³ (Universidad de Buenos Aires, 1991)

El vaciado de concreto debajo del agua, es un proceso que requiere rigurosa planificación, y correcta metodología. El concreto deberá fluir de una muy simple manera al lugar de vaciado y compactarse debido al propio peso, sin provocar daños colaterales, que disminuyan la calidad del concreto, tal como la segregación o vibración, que provoque la fractura de la mezcla y permita la penetración de agua dentro de ella, perdiendo las partículas cementicias, provocando grumos de agregados y finos y gruesos con insuficientes fibras de cemento hidratado.

Ayudado por un procedimiento Tremie, el concreto es vaciado con un tubo en posición vertical, preferentemente de acero, y parte superior en forma de embudo. Se introduce el tubo dentro del agua, de tal manera que la parte inferior sea cubierta y no permita el ingreso de agua por este extremo, una vez que llega a la altura deseada se deja caer el concreto fresco por el tubo de tal forma, que se vaya llenando la zona de vaciado.

Durante el procedimiento no es posible verificar el concreto colocado, por lo que la metodología de trabajo deberá ser cuidadosamente estudiada y controlando durante todo el proceso la cantidad de volumen de concreto colocado y la altura en la que estará en el tubo, de tal forma mantener constante la energía de caída.

Equipo

El tubo tremie puede tener un diámetro que vaya en el rango de entre 20 y 30 cm, para evitar que se bloquee el tubo al momento de la caída del concreto fluido. Al hacerse vaciado a altas profundidades, se hace uso de un tubo removible, en el que las partes superiores se van desprendiendo conforme aumenta la altura de vaciado.

Se utilizan tapones u otra clase de cierre para iniciar el vaciado de tal forma que a conforme se desciende el tubo se cierra la parte inferior de este, debido a la presión del agua. El problema surge cuando la altura es considerable, y la fuerza de flotabilidad empieza a interactuar, dificultando la colocación; para solucionar este problema

se suele usar tubos de mayor espesor o densidad, con el fin de aumentar el peso y darle solución a esta dificultad; también es válido el uso de un cierre movable en dirección vertical, de tal forma que evita la interacción del agua exterior con la mezcla de concreto en el primer contacto del concreto, este tapón deberá tener la suficiente presión en las paredes externas del tubo de tal forma que evite filtraciones pero que al mismo tiempo pueda ceder ante la presión de concreto cuando inicie el vaciado.

Un globo de goma esférico, o pelotas han sido usados en diferentes casos, pero han producido fallas de funcionamiento al momento de vaciar alturas superiores de 8 metros; si este tapón cede la interacción con el agua dan una incertidumbre en la calidad resultante del primer vaciado, pudiendo provocar un concreto de baja calidad.

Iniciación del proceso de vaciado usando método tipo Tremie

El proceso inicia con el mencionado cierre extremo del tubo (tremie) con concreto; se puede disminuir la segregación que ocurre en el descenso del concreto colocando previamente una capa variable de mortero, o un concreto de menor calidad, de tal forma que ante la segregación en la caída, de igual forma se mezclara con esta primera capa, minimizando su efecto.

Una vez llenado el tubo se levanta una pequeña altura, no mayor a los 15 cm sobre la superficie de fondo, de tal manera que el concreto empiece a distribuirse por peso propio en la base de la fundación; mientras cae el concreto crea un auto sello alrededor del tubo, impidiendo la penetración de agua.

Se procede al izado del tubo una vez que el concreto haya superado una altura razonable, mayor a la altura de fondo de tubo, y de manera lenta de tal forma que conserve inalterada la descarga, es decir sin que pierda el sello de vaciado; de ocurrir el rompimiento del sello, se retira el tubo y se inicia de nuevo el procedimiento desde el principio.

Vaciado de concreto haciendo uso del tubo Tremie

El vaciado de concreto con cada tubo tremie deberá ser de descarga continua, ya que intervalos entre vaciado causan endurecimiento del concreto, crean juntas y dificultan el proceso, en caso de que no se pueda dar esta continuidad, deberá retirarse el tubo y proceder desde el principio con la operación, desde el sellado, colocación de primera base, y vaciado de concreto.

Se deberá hacer uso de más de un tubo en el mismo vaciado si es que la superficie a cubrir es considerable, para evitar largos desplazamiento del concreto dentro del agua, y someterlo a un vaciado en talud, lo vuelve más susceptible a segregación, además de provocar cada vez más superficie de concreto entre en contacto con el agua. Suele ocurrir en concretos de baja resistencia y con relación w/c alta. Se recomienda distribuir una distancia de entre dos a tres veces el espesor de concreto a vaciar. Es usual dejar espaciamiento de entre 4.5m y 10.5 m pero el concreto vaciado con método de tubo tremie puede dispersarse hasta 21 metros si es que la capa es de un gran espesor.

Para el óptimo desempeño del tubo tremie, se deberá evitar desplazamientos en direcciones horizontales o diagonales mientras se está depositando el concreto; estos movimientos crean una mala superficie de colocación, puede crear capas de agua adicionales e incluso puede provocar el rompimiento del sello. Para una colocación en dirección horizontal de concreto se oscila el tubo, se restablece el sello y se reanuda el vaciado.

Para largas superficies se utilizan diferentes metodologías, una de ellas es aplicar el más recomendable uso de varios tubos tremie, logrando un nivel muy simultáneo conforme se va aumentado la altura. El otro método de avance generando talud, se vaciara en una determinada zona hasta lograr la altura requerida, se moverá el tubo tremie a las zonas aun no rellenas de concreto y se procede a finiquitar el proceso, hasta tener la altura requerida en todas las zonas.

Elevación de tubo tremie y su control

Se recomienda el extremo de descarga del tubo este a alturas de hasta 0.9 metros por debajo del nivel de colocación, este proceso puede ser controlado desde la superficie, debido a la presión ejercida en el extremo superior, debiendo mantenerse constante, pudiendo descender o subir el tubo conforme el concreto vaya adquiriendo mayor altura.

Se puede detectar una pérdida del sello del tubo cuando incrementa rápidamente el volumen de concreto en vez de ser constante.

Debe evitarse que el tubo quede embebido en concreto cuya fragua ya esté en proceso, ya que podría generar grietas.

Bloqueo del tubo

Este bloqueo deberá ser solucionado de tal forma que no se pierda el sellado, levantando y descendiendo el tubo distancias de entre 15 y 60 cm. De poder lograrse deberá quitarse y empezar de nuevo el proceso. Esto puede evitarse con un concreto de alta fluidez y usando un vaciado continuo.

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO ANTIDESLAVE

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se tratará procedimientos y resultados de la obtención de las propiedades físicas de los agregados a ser usados en la elaboración de concreto, así como el proceso de dosificación usado para obtener las resistencias adecuadas para la verificación de los objetivos de la investigación.

3.2. ESTUDIO DE MATERIALES USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLAS

3.2.1. CEMENTO

NORMATIVA

- ASTM C-595 Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
- NTP 334.090 Cementos. Cementos portland adicionados

DESCRIPCIÓN

El cemento usado será Cemento Portland Puzolánico Yura IP, cemento adicionado con una puzolana de origen volcánico y satisface además los requerimientos físicos que exige la norma de los cementos incluidos en las categorías tipo I y II.

La puzolana utilizada en Yura, tiene superficie específica mayor a otros tipos de puzolana, permitiendo incrementar con el tiempo la cantidad de pasta de cemento, reduciendo la cantidad de poros, disminuyen la permeabilidad del concreto e incremento de la resistencia a la compresión a lo largo del tiempo.

Posee un moderado calor de hidratación, que darán la facilidad de vaciar grandes cantidades de concreto, en condiciones adversas climatológicas.

Tabla 3.1 *Requisitos de Componentes químicas del cemento portland adicionado IP*

REQUISITOS QUIMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO YURA TIPO IP	REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595
MgO (%)	1.99	6.00 Máx.
SO3 (%)	1.75	4.00 Máx.
Perdida por ignición	2.14	5.00 Máx.

Tabla 3.2 *Requisitos físicos del cemento portland adicionado IP*

REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO YURA TIPO IP	REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595
Peso Específico (g/cm ³)	2.85	-
Expansión autoclave (%)	0	0.80 Máx.
Fraguado Vicat inicial (min)	170	45 Mín.
Fraguado Vicat final (min)	270	420 Máx.

3.2.2. AGREGADO FINO CANTERA LA PODEROSA.

El agregado fino es un material usado en el hormigón, que deberá pasar por la malla de 3/8" y cuya función será de cubrir los espacios más reducidos dejados por el agregado grueso, con el fin de disminuir la longitud de las fibras creadas a partir de la cristalización de la pasta de cemento.

3.2.2.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

NORMATIVA

- ASTM C566-97 (2004) Método de Ensayo Normalizado para Medir el Contenido Total de Humedad Evaporable en Agregados Mediante Secado.

- NTP 339.185 (2002) Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

OBJETIVO

- Obtener el contenido de humedad que posee la muestra representativa de agregados que serán usados en la elaboración de concreto.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica:
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa total usada.
- Horno:
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- Bandejas:
También se pueden usar contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento

PROCEDIMIENTO¹⁴

1. Seleccionando por 9 cuarteo, recogemos una muestra representativa en estado natural.

¹⁴ (NTP.339.185, 2002)



Figura 3.1. Cuarteo de la muestra de agregado fino

2. Una vez pesada, la colocamos en un recipiente también previamente pesado con precisión ± 1 g.
3. Dejamos el agregado secando en el horno, a una temperatura de 110 ± 5 °C, por un periodo de 24 hrs como mínimo.
4. Cumplido el tiempo retiramos el agregado y lo pesamos en su estado seco.



Figura 3.2. Agregado Fino Totalmente Seco

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Contenido de Humedad:

$$\text{Contenido de humedad (w)} = \frac{A-B}{B} \text{ (15)}$$

¹⁵ (NTP.339.185, 2002)

Dónde:

A: Masa Natural del Agregado

B: Masa del Agregado en Estado Seco

Tabla 3.3 *Contenido de Humedad del Agregado Fino*

	Contenido de Humedad Agregado Fino		
	Peso Natural	Peso Seco del Agregado	Contenido de Humedad (%)
Muestra 1	580	578.8	0.207
Muestra 2	586	585.1	0.154
Muestra 3	590	589.1	0.153
Promedio			0.171

Contenido de Humedad = 0.17 %

3.2.2.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.

NORMATIVA

- MTC E-204 2000 Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos.
- NTP 400.012-2001 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- ASTM C 136 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos.

OBJETIVO

- Obtener la curva de gradación del agregado grueso, mediante la separación por tamaños de partículas, con la ayuda de la apertura de los tamices.

- A partir de la curva granulométrica verificar que se encuentra entre los límites permitidos.
- Calcular el módulo de finura del agregado a partir de las masas retenidas en cada malla.

EQUIPO DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa total usada en el ensayo.
- Horno:
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- Bandejas:
O contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.
- Tamices:
Tamices estandarizados por norma #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200.
- Máquina Tamizadora:
Equipo encargado de provocar movimiento horizontal a los tamices, por el que el material caerá por las mallas.
- Cucharas Metálicas.

PROCEDIMIENTO¹⁶

- 1) Para el ensayo de granulometría del agregado fino, primeramente realizamos el proceso de selección de material a través de cuarteo de la muestra.
- 2) Se deja el material 24 horas de secado en horno a más de 110 °C para tener una muestra seca.

¹⁶ (NTP.400.012, 2001)

- 3) Primero seleccionamos los tamices estandarizados que corresponden para el agregado fino y son: **3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200**.



Figura 3.3. Tamices estandarizados

- 4) Colocamos los tamices ordenadamente colocándolos de un diámetro mayor arriba hasta el diámetro menor en el inferior; siendo el último la base contenedora.
- 5) Empezamos a vaciar poco a poco la muestra y dejamos que vaya cayendo la muestra por los tamices, hasta que hayamos introducido una cantidad prudente, de tal forma que se vaya a tamizar adecuadamente.
- 6) Se coloca los tamices en la maquina tamizadora, y la dejamos cernir el material alrededor de 5 min.



Figura 3.4. Máquina tamizadora

- 7) Luego de sacar la muestra empezamos a pesar el agregado que se quedó retenido en los tamices uno por uno.
- 8) Una vez pesados, colocamos el agregado ya pesado en una bolsa para guardarlo, proseguimos a seguir vaciando poco a poco el agregado si aún no se ha tamizado. Repetimos este proceso hasta acabar con toda la muestra cuarteada.
- 9) Una vez pesada con toda la muestra cuarteada ya hemos terminado con el proceso de tamizado y recolectamos los datos necesarios para graficar la curva granulométrica



Figura 3.5. Proceso de pesado retenido por cada tamiz

LÍMITES Y HUSOS DEL AGREGADO FINO SEGÚN EL ASTM C 33.

Según el ASTM C 33 hay límites que necesitamos cumplir de tal forma que el agregado tenga ciertas características del tamaño de sus partículas para mejorar la calidad final del concreto.

Tabla 3.4 Límites y Husos para el Agregado Fino

MALLAS	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
3/8	100	100
N° 4	95	100
N° 8	80	100
N° 16	50	85
N° 30	25	60
N° 50	5	30
N° 100	0	10

CÁLCULOS Y RESULTADOS

- Módulo de Fineza:

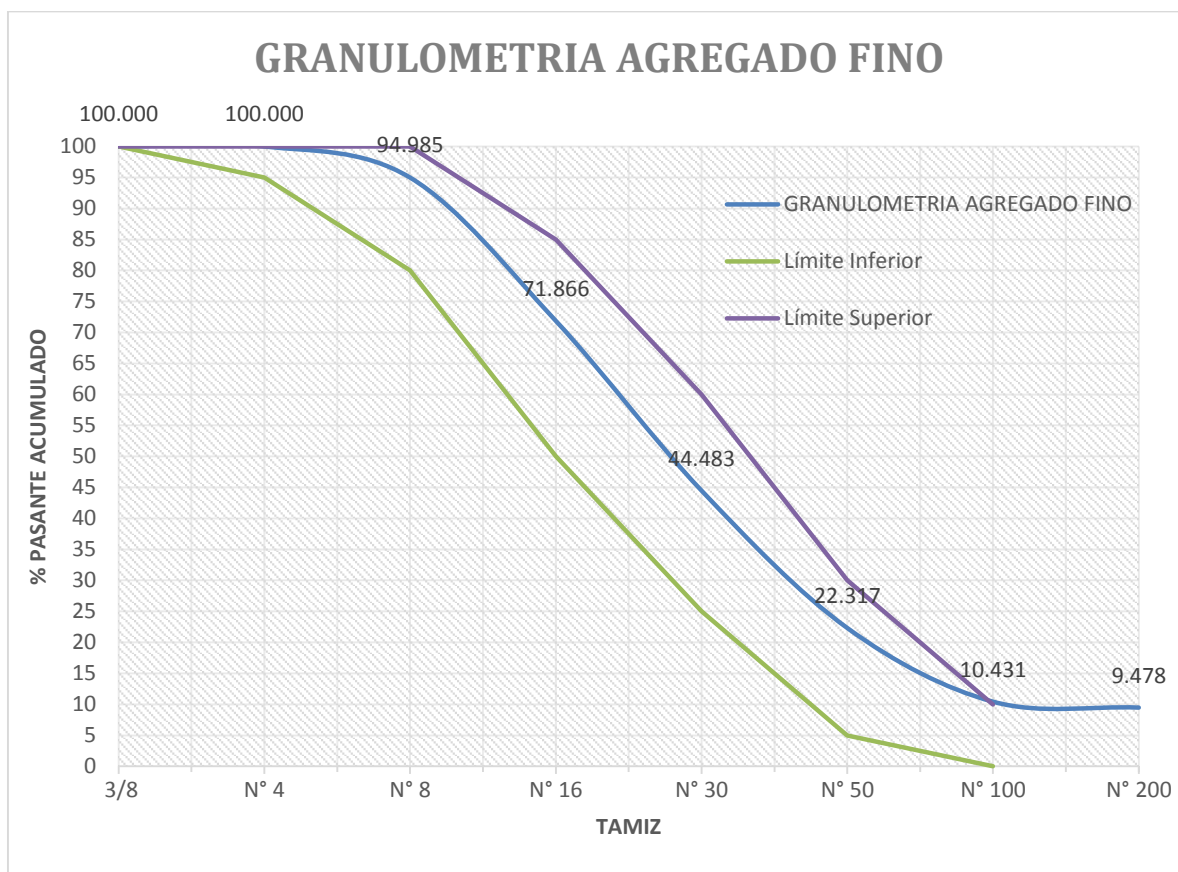
$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

Tabla 3.5 Cuadro Granulométrico del Agregado Fino

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO						
N° de Tamiz	Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Peso (W) en g.	% Retenido Individual	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
N° 4	4.75	0.187	0	0.000	0.000	100.000
N° 8	2.36	0.0937	50	5.015	5.015	94.985
N° 16	1.18	0.0469	230.5	23.119	28.134	71.866
N° 30	0.59	0.0234	273	27.382	55.517	44.483
N° 50	0.295	0.0117	221	22.166	77.683	22.317
N° 100	0.1475	0.0059	118.5	11.886	89.569	10.431
N° 200	0.0737	0.0029	9.5	0.953	90.522	9.478
Bandeja			94.5	9.478	100.000	0.000

Peso Total	997	Módulo de Fineza	2.559
-------------------	------------	-------------------------	--------------

Módulo de Fineza = 2.56



Gráfica 3.1 Curva granulométrica del agregado fino y los límites

3.2.2.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

NORMATIVA

- MTC E-203 2000 Peso Unitario y Vacíos de los Agregados.
- NTP 400.017 (2011) AGREGADOS. Método de Ensayo Para Determinar el Peso Unitario del Agregado.

- ASTM C 29 Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate

OBJETIVO

- Calcular la máxima y mínima cantidad de masa del agregado en su estado más suelto, así como cuando es sometido a compactación.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa del material a usarse.
- Horno:
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- Bandejas:
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.
- Cucharas Metálicas.
- Molde de 1/10 pie³.
- Regla Metálica.
- Varilla de acero cilíndrica, de 5/8 ” de diámetro y un largo de aproximadamente 60 cm o 24 pulg., con canto redondeado.

PROCEDIMIENTO¹⁷

- **PESO UNITARIO SUELTO:**

- 1) Realizamos la selección de una muestra representativa, mediante el proceso de cuarteado del agregado fino.
- 2) En un molde normado de $1/10 \text{ pie}^3$ del cual su volumen es conocido, procedemos a pesarlo.



Figura 3.6. Molde normalizado de $1/10 \text{ pie}^3$

- 3) En el molde vaciamos suavemente el agregado fino a una corta distancia con ayuda de la cuchara evitando que la muestra se compacte lo menos posible.



Figura 3.7. Proceso de llenado del molde de $1/10 \text{ pie}^3$

¹⁷ (NTP.400.017, 2011)

- 4) Una vez lleno el molde, con ayuda de una regla procedemos a rasar el agregado y lo llevamos a la balanza.



Figura 3.8. Molde a ser pesado, para hallar el peso unitario suelto

- 5) Obtenemos el peso del molde más el Agregado Fino y con esto ya tenemos los datos necesarios para hallar el peso específico suelto del Agregado Fino.

- **PESO UNITARIO COMPACTADO:**

- 1) Realizamos la selección de una muestra representativa, mediante el proceso de cuarteado.
- 2) En el molde del cual ya tenemos el peso vaciamos el A.F. hasta llegar a la tercera parte del molde.
- 3) Con ayuda de la varilla procedemos a compactar el suelo dando 25 golpes alrededor del molde.



Figura 3.9. Procedimiento de compactación del agregado fino

- 4) Vaciamos nuevamente el A.F. hasta llenar aproximadamente los $\frac{2}{3}$ y procedemos a dar los 25 golpes con la varilla.
- 5) Volvemos a vaciar hasta llenar completamente el molde y nuevamente damos los 25 golpes con la varilla.
- 6) Enrasamos el A.F. en el molde y lo llevamos a pesar en la balanza.



Figura 3.10. Enrasado del molde de agregado fino compactado

- 7) Repetimos el proceso nuevamente dos veces más para tener una mejor precisión y ya tenemos los datos necesarios para hallar el peso específico compactado.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Tabla 3.6 Pesos Unitarios Suelto y Compactado

PESO UNITARIO CON MOLDE AGREGADO FINO			
Volumen del molde (pie ³)		1/10	
Volumen del molde (cm ³)		2831.685	
Peso del Molde (g)		1725	
PESO UNITARIO COMPACTADO			
Pesos del molde +agregado compactado	Agregado +molde	Peso Agregado	Peso Unitario Compactado
WM + A.g(c) 1 (g)	6450	4725	1.669
WM + A.g(c) 2 (g)	6399	4674	1.651
WM + A.g(c) 3 (g)	6417	4692	1.657
Peso Unitario Compactado Promedio (g/cm³)			1.659
Peso Unitario Compactado Promedio (kg /m³)			1658.730
PESO UNITARIO SUELTO			
Pesos del molde +agregado compactado	Agregado +molde	Peso Agregado	Peso Unitario Compactado
WM + A.g (s)	5979.33	4254.33	1.502
Peso Unitario Suelto Promedio (g/cm³)			1.502
Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m³)			1502.404
Contenido de Vacíos (%)			0.331

Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m³) = 1658.730
Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m³) = 1502.404
Contenido de Vacíos (%) = 0.331

3.2.2.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

NORMATIVA

- MTC E 205 2000 Gravedad Específica y Absorción de agregados finos.
- NTP 400.022:1979 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- ASTM C 128 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos.

OBJETIVO

- Calcular el peso específico del agregado fino, es decir el peso de la muestra de agregado entre la unidad de volumen, sin tomar en cuenta los vacíos.
- Calcular el peso específico del agregado fino en los diferentes estados en los que los podemos encontrar; peso específico saturado superficialmente seco y el peso específico aparente.
- Calcular la capacidad de absorción de la muestra de agregado fino.

EQUIPO DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa del material a usarse.
- Bandejas:
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.

- Cuchara Metálica.
- Cocina:
Usada para dejar la superficie del material en estado SSS.
- Picnómetro:
Envase de pírax con capacidad de 500 ml. graduada.
- Molde metálico cónico:
Que deberá cumplir las medidas siguientes
Diámetro del orificio superior 40 +/- 3 mm
Diámetro del orificio inferior 90 +/- 3 mm
Altura del molde cónico 75 mm +/- 3 mm
Espesor mínimo de las paredes del molde 0.8 mm.
- Apisonador:
Este deberá ser de acero con las siguientes dimensiones:
Diámetro de 25mm +/- 3 mm
Peso aproximado de 340 g +/- 15 g
Un extremo de superficie plana y el otro terminada en punta semiesférica.

PROCEDIMIENTO¹⁸

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

- 1) Seleccionamos una porción de agregado fino, aproximadamente 1000 g. a través del método del cuarteo.
- 2) Lo dejamos remojando en agua por 24 horas a más, de tal forma que el agua penetre en todos los poros del agregado, saturándolo completamente.

¹⁸ (NTP.400.022, 2002)



Figura 3.11. Agregado fino totalmente saturado

PROCESO:

- 1) Seleccionamos la muestra que dejamos remojándose en agua y la vaciamos en una bandeja.
- 2) La dejamos secar superficialmente, en nuestro caso nos ayudamos con una cocina eléctrica, vamos removiendo el material constantemente a medida que va secando la muestra solo superficialmente.



Figura 3.12. Muestra representativa de agregado totalmente saturado



Figura 3.13. Secado de material superficialmente seco

- 3) Echamos la muestra en el cono hasta llenarlo y con ayuda del pistón procedemos a compactarlo dándole 25 golpes, luego de ello retiramos el cono, si la muestra una vez sacado el cono conserva la forma eso indica que aún falta secar aún más la muestra, pero si por el contrario la muestra pierde la forma al sacar el cono eso indica que ya está lista.



Figura 3.14. Compactación del cono de prueba



Figura 3.15. Prueba de muestra del agregado fino superficialmente seco



Figura 3.16. Agregado fino superficialmente seco

- 4) Pesamos 500 g. del agregado fino superficialmente seco.
- 5) Pesamos un picnómetro.
- 6) Pesamos el picnómetro lleno de agua hasta 500 ml.
- 7) Vaciamos el agua y llenamos el picnómetro con el agregado fino saturado ya pesado, y volvemos a llenar con agua hasta la marca de los 500 ml.
- 8) Se agita para tener uniformidad y que el agua llegue a los lugares vacíos.
- 9) Dejamos reposar hasta que acentué el agregado y se eliminen todos los vacíos.
- 10) Observamos el nivel del agua y llenamos si es que faltase hasta llegar a los 500 ml.
- 11) Pesamos la probeta con el agregado.
- 12) Colocamos la muestra con el agua en una bandeja y lo metemos al horno dejándolo secar por 24 horas.



Figura 3.17. Secado del agregado fino en el horno

13) Sacamos la muestra seca y pesamos.



Figura 3.18. Agregado fino totalmente seco

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Agua añadida al frasco:

$$(w) = d - (B + C)$$

Dónde:

W = agua añadida

d = Picnómetro + agua + agregado fino

B = Peso de la muestra superficialmente seca

C= Peso del picnómetro seco

- **GE (gravedad específica)¹⁹**

$$GE = \frac{A}{v - w}$$

Dónde:

A = Peso de la muestra

V = Capacidad del frasco

W = Agua añadida

- **GE_{ss} (gravedad específica en condición de saturado superficialmente seca)**

$$GE_{ss} = \frac{B}{v - w}$$

Dónde:

B = Peso de la muestra superficialmente seca

V = Capacidad del frasco

W = Agua añadida

- **Porcentaje de absorción²⁰:**

$$Absorcion \% = \frac{B - A}{A} \cdot 100$$

Dónde:

B = Peso de la muestra superficialmente seca

¹⁹ (NTP.400.022, 2002)

²⁰ (NTP.400.022, 2002)

A = Peso de la muestra

- **Peso Específico**

$$y = GE (y_w)$$

Dónde:

Y = Peso Específico

GE = Gravedad Específica

Y_w = Peso Específico del Agua

Tabla 3.7 *Peso Específico, Gravedad Específica y % de Absorción del Agregado Fino*

GRAVEDAD ESPECÍFICA, PESO ESPECÍFICO, Y % DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO	
(B) Fino Superficialmente Seco (g)	300
(C) Peso de la Probeta (g)	156
(D) Peso Probeta+Agregado+agua(hasta que llegue 500ml)	832
(V) Capacidad del Frasco (ml)	500
(W) Agua Añadida al Frasco (ml)	376
Peso Agregado Fino Seco	
Peso Bandeja (g)	663.5
Peso Bandeja+muestra (g)	958.5
(A) Peso Agregado Fino Seco (g)	295
Peso Específico del Agua (kg/m ³)	1000
GRAVEDAD ESPECIFICA (GE)	2.479
GRAVEDAD ESPECIFICA SUPERFICIALMENTE SECA (GE_{ss})	2.521
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE (GE_{ap})	2.379
PESO ESPECIFICO (kg/m³)	2478.992
% DE ABSORCION	1.695

Peso Específico del Agregado Fino = 2478.995 kg/m³

% Absorción del Agregado Fino = 1.695 %

3.2.2.5. ENSAYO DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE AGREGADO FINO.

NORMATIVA

- MTC E 213 – (2002) Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino.
- NTP 400.013 – (2002) AGREGADOS. Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Efecto de las Impurezas Orgánicas del Agregado Fino sobre la Resistencia de Morteros y Hormigones.
- ASTM C 40 Método de Ensayo Normalizado para la Detección de Impurezas Orgánicas en Agregados Finos para Concreto.

OBJETIVO DEL ENSAYO

- Encontrar la cantidad de material orgánico disponible en el agregado en estudio, de tal forma poder determinar la aceptación, como material para realizar concreto.

ELEMENTOS DE LABORATORIO

- Frascos o envase de vidrio, o pírex:
Con capacidad de 350 ml. Aprox. y contar con una tapa adecuada.
- Reactivos químicos:
Usaremos para este ensayo una solución de hidróxido de sodio (Na OH) al 3%.
- Solución normal de referencia:
Esta hecho de bicromato de potasio disuelto en ácido sulfúrico concretado, en una proporción de 0.250 g de bicromato de potasio en 100 ml de ácido sulfúrico.

PROCEDIMIENTO²¹

PREPARACION DE LA MUESTRA

- La muestra será secada al aire (el horno cambiaría la composición química de los elementos orgánicos sometidos a ensayo).
- Del material secado desprendemos 500 g., a través del método de cuarteo.

PROCESO

- 1) Llenamos el envase hasta un volumen de 130 ml.
- 2) Hacemos uso del reactivo de hidróxido de sodio, hasta llegar a la marca de 200 ml. entre el agregado fino y el reactivo, después de ser agitado.
- 3) Una vez tapado el envase se agita, de tal forma que obtengamos una mezcla de ambos que permita una correcta reacción.
- 4) Dejar la muestra en reposo durante 24 horas.
- 5) Después del tiempo indicado, el agua de la muestra de agregado adquirirá una determinada coloración al reaccionar con el material orgánico.
- 6) Se prepara 75 ml. de solución normal de referencia, con dos horas antes de la comparativa de coloración.
- 7) Se coloca la solución de referencia en un envase.
- 8) Se coloca los dos envases uno al lado del otro y mirando a través de ellos y con un fondo claro, se compara su coloración.

²¹ (NTP.400.013, 2002)

Tabla 3.8 Escala de color Gardner

COLOR GARDNER ESTANDAR N°	PLACA ORGANICA N°
5	1
8	2
11	3 (estándar)
13	4
16	5

RESULTADOS DEL ENSAYO.

Tabla 3.9 Resultados de Impurezas del Agregado Fino

IMPUREZAS DEL AGREGADO FINO	
Muestra	Resultado
1	Sin impurezas
2	Sin impurezas

3.2.3. AGREGADO GRUESO CANTERA LA PODEROSA

El agregado grueso es un material usado en el concreto, y es la parte que mayor espacio volumétrico ocupa, por lo que la calidad de este influenciará directamente en la resistencia al concreto.

3.2.3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

NORMATIVA

- ASTM C566-97 (2004) Método de Ensayo Normalizado para Medir el Contenido Total de Humedad Evaporable en Agregados Mediante Secado.
- MTC. E 108 (2002) Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo.

- NTP. 339. 185 (2002) Método de Ensayo Normalizado para Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados por Secado.

OBJETIVO

- Obtener el contenido de humedad que posee la muestra representativa de agregados gruesos que serán usados en la elaboración de concreto.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- **Báscula Electrónica:**
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa total usada.
- **Horno:**
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- **Bandejas:**
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.

PROCEDIMIENTO²²

- 1) Seleccionando por cuarteo, recogemos una muestra representativa en estado natural.
- 2) Una vez pesada, la colocamos en un recipiente también previamente pesado con precisión ± 1 g.
- 3) Dejamos el agregado secando en el horno, a una temperatura de 110 ± 5 °C, por un periodo de 24 hrs. como mínimo.
- 4) Cumplido el tiempo retiramos el agregado y lo pesamos en su estado seco.

²² (NTP.339.185, 2002)

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Contenido de Humedad²³:

$$\text{Contenido de humedad (\%)}_w = \frac{A - B}{B}$$

Dónde:

A: Peso Natural del Agregado

B: Peso del Agregado en Estado Seco

Tabla 3.10 *Contenido de Humedad del Agregado Grueso*

	Contenido de Humedad Agregado Grueso		
	Peso Natural	Peso Seco Agreg	Cont. Humedad
Muestra 1	975.9	973.5	0.247
Muestra 2	980.7	978.3	0.245
Muestra 3	970.9	968.5	0.248
Promedio			0.247

Contenido de Humedad del Agregado Grueso = 0.247%

3.2.3.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO

NORMATIVA

- MTC E 204 2000 Análisis Granulométricos de Agregados Gruesos y Finos.
- NTP 400.012 (2001) AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

²³ (NTP.339.185, 2002)

- ASTM C136 / C136M – 14 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

OBJETIVO

- Obtener la curva de gradación del agregado grueso, mediante la separación por tamaños de partículas, con la ayuda de la apertura de los tamices.
- A partir de la curva granulométrica verificar que se encuentra entre los límites permitidos.
- Calcular el módulo de finura del agregado a partir de las masas retenidas en cada malla.

EQUIPO DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa total usada en el ensayo.
- Horno:
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- Bandejas:
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.
- Tamices:
Tamices estandarizados por norma 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼" y el #4.
- Máquina Tamizadora:
Equipo encargado de provocar movimiento horizontal a los tamices, por el que el material caerá por las mallas.
- Cucharas Metálicas.

PROCEDIMIENTO²⁴

Para el ensayo de granulometría del agregado grueso, trabajamos con la muestra cuarteada anteriormente, de masa normada según la tabla que se indica en el MTC E 204 2000.

Tabla 3.11 Peso Mínimo de Agregado Grueso a ser Ensayado

MAXIMO TAMAÑO NOMINAL CON ABERTURAS		PESO MINIMO DE LA MUESTRA DE ENSAYO
mm	Pulg.	kg
9.5	3/8	1
12.5	1/2	2
19	3/4	5
25	1	10
37.5	1 1/2	15
50	2	20
63	2 1/2	35
75	3	60
90	3 1/2	100
100	4	150
112	4 1/2	200
125	5	300
150	6	500

Según la tabla anterior proporcionada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones deberemos trabajar con un mínimo de 5 kg.

Para el proceso de tamizado seguimos los siguientes pasos:

- 1) Primero seleccionamos los tamices estandarizados que corresponden para el agregado grueso y son: **2"**, **1 1/2"**, **1"**, **3/4"**, **1/2"**, **3/8"**, **1/4"** y el **#4**.

²⁴ (NTP.400.012, AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global., 2001)



Gráfica 3.2 *Tamices estandarizados para el agregado grueso.*

- 2) Colocamos los tamices ordenadamente, desde los tamices con aberturas más grandes hasta los de aberturas más pequeñas, siendo el último el plato o fondo, que retendrá los finos.
- 3) Empezamos a vaciar poco a poco el material seleccionado, de tal forma que las partículas de menor tamaño puedan caer tamiz tras tamiz sin necesidad de que las partículas más grandes impidan su caída.
- 4) Empezamos a sacudir horizontalmente por un plazo de 10 min aproximadamente.



Figura 3.19. Maquina Tamizadora

- 5) Luego de sacudir empezamos a pesar el agregado que se quedó retenido en los tamices uno por uno, depositándolos en una bandeja cuyo peso ya conocemos.



Figura 3.20. Agregado grueso retenido por tamiz



Figura 3.21. Pesado del agregado grueso tamizado

- 6) Una vez pesados, colocamos el agregado ya pesado en una bolsa para guardarlo, proseguimos a seguir vaciando poco a poco el agregado que aún no se ha tamizado. Repetimos este proceso hasta acabar con toda la muestra cuarteada.
- 7) Una vez acabada con toda la muestra cuarteada ya hemos terminado con el proceso de tamizado y recolectamos los datos necesarios para graficar la curva granulométrica.

LÍMITES Y HUSOS DEL AGREGADO GRUESO SEGÚN EL ASTM C 33.

Según el ASTM C 33 y el NTP 400.037 hay límites que necesitamos cumplir de tal forma que el agregado tenga ciertas características del tamaño de sus partículas para mejorar la calidad final del concreto.

Tabla 3.12 Huso N°6 para Límites del Agregado Grueso²⁵

Según Huso 6 - NTP 400.037		
1 "	100	100
3/4 "	90	100
1/2 "	20	55
3/8 "	0	15
1/4 "	0	10
# 4	0	5

CÁLCULOS Y RESULTADOS

- **% retenido individual**

$$\frac{W_m}{W_{mt}} \cdot 100 \%$$

- **% retenido acumulado**

% ret. Individual + % ret. Individual Tamices anteriores

- **% pasante acumulado**

100 - % retenido acumulado

²⁵ (ASTM.C33, 2016)

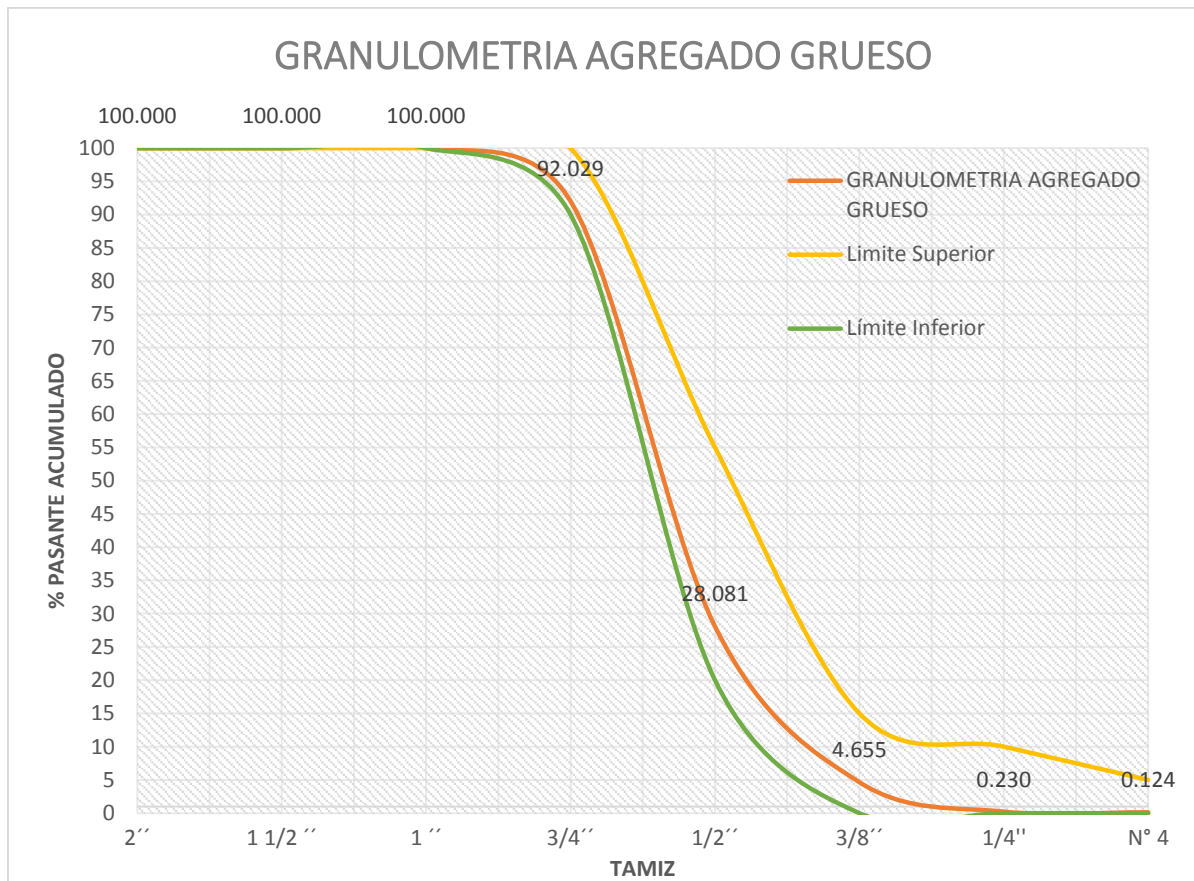
- Módulo de Finura:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

- Tamaño Máximo Nominal

Tabla 3.13 Cuadro Granulométrico del Agregado Grueso

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO						
N° de Tamiz	Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Peso (W) en g.	% Retenido Individual	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
2''	0.508	2	0	0.000	0.000	100.000
1 1/2''	0.381	1.5	0	0.000	0.000	100.000
1''	0.254	1	0	0.000	0.000	100.000
3/4''	0.1905	0.75	451.2	7.971	7.971	92.029
1/2''	0.127	0.5	3619.8	63.948	71.919	28.081
3/8''	9.5	0.375	1326	23.425	95.345	4.655
1/4''	6.35	0.25	250.5	4.425	99.770	0.230
N° 4	4.75	0.187	6	0.106	99.876	0.124
fondo			7	0.124		0.124
Peso Total			5660.5	Módulo de Fineza		7.032
TMN	3/4''					



Gráfica 3.3 Curva granulométrica del agregado grueso y los límites del huso 6

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de $\frac{3}{4}$ "

Módulo de Fineza del agregado grueso es 7.032

3.2.3.3. PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DEL AGREGADO.

NORMATIVA

- MTC E 203 (2000) Peso Unitario y Vacíos de los Agregados.
- NTP 400.017 (2011) AGREGADOS. Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Agregado.
- ASTM C 29 Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate.

OBJETIVO

- Obtener el peso unitario del agregado grueso tanto suelto como compactado.
- Calcular la cantidad de vacíos en el agregado grueso, en %.

EQUIPO DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa del material a usarse.
- Horno:
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- Bandejas:
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.
- Cucharas Metálicas.
- Molde de 1/3 pie³.
- Regla Metálica.
- Varilla de acero cilíndrica, de 5/8 " de diámetro y un largo de aproximadamente 60 cm o 24 pulg., con canto redondeado.

PROCEDIMIENTO²⁶

Según el ASTM el peso unitario o densidad bruta de un agregado es la relación masa y volumen (incluyendo el volumen de partículas y los vacíos entre ellas).

²⁶ (NTP.400.017, AGREGADOS. Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Agregado, 2011)

En el agregado grueso necesitamos seleccionar el molde que usaremos para realizar correctamente el ensayo y dependerá del TMN del agregado.

Tabla 3.14 Selección de Molde para el Ensayo

Tamaño máximo nominal del agregado		Capacidad del depósito	
Pulg	mm	pie ³	Litros (m ³)
1/2 "	12.5	1/10 "	2.8 (0.0028)
1"	25	1/3 "	9.3 (0.0093)
1 1/2"	37.5	1/2 "	14 (0.014)
3	75	1	28 (0.028)
4	100	2 1/2 "	70 (0.070)
5	125	3 1/2 "	100 (0.1)

SUELTO:

- 1) Seleccionamos una muestra representativa de agregado grueso a partir del método de cuarteo.
- 2) Seleccionamos un molde normado para este ensayo de acuerdo al tamaño máximo de nuestro agregado expuesto anteriormente, 1/3 pie³, lo pesamos para obtener los primeros datos de ensayo.



Figura 3.22. Molde de $1/3 \text{ pie}^3$ para el peso suelto y compactado del agregado grueso

- 3) Lo llenamos de agregado haciendo uso de una cuchara y lentamente agregamos el material hasta superar el límite superior del molde, evitando que se compacte con la caída.
- 4) Vaciamos el sobrante y enrasamos la muestra de tal manera que ninguna piedra sobresalga del límite del molde quedando totalmente lleno y sin compactarse.



Figura 3.23. Proceso de llenado del molde de $1/3 \text{ pie}^3$, con agregado grueso

- 5) Llevamos a pesar el molde más el agregado grueso y con esto ya tenemos los datos necesarios para hallar el peso específico compactado del agregado grueso.



Figura 3.24. Molde con agregado grueso suelto

COMPACTADO:

- 1) Seleccionamos una muestra representativa de agregado grueso a partir del método de cuarteo.
- 2) En el molde seleccionado anteriormente del cual ya tenemos su peso, vaciamos el agregado grueso hasta su tercera parte.



Figura 3.25. Proceso de para peso unitario compactado

- 3) Con una varilla golpeamos el agregado 25 veces para compactarlo, de tal forma que el agregado tenga un reacomodo de sus partículas ocupando el menor espacio posible del molde.

- 4) Volvemos a vaciar el agregado grueso al molde hasta llenar los $\frac{2}{3}$ y con la varilla compactamos nuevamente 25 golpes, cuidando de que la varilla no penetre en el tercio ya compactado.
- 5) Nuevamente echamos el agregado hasta llenarlo completamente y con la varilla compactamos una vez más con 25 golpes, de igual forma evitando la penetración de la varilla por debajo de la capa que se requiere compactar.
- 6) Enrasamos el molde con el agregado, de tal forma que ocupe el mayor espacio posible sin que ninguna de sus partículas este por encima del borde superior del molde metálico.
- 7) Llevamos el molde con el agregado grueso compactado y pesamos.



Figura 3.26. Pesado del agregado grueso compactado

- 8) Repetimos este proceso dos veces más para obtener un resultado más preciso, y así tenemos los datos necesarios para hallar el peso específico compactado del A.G.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

- **Peso Unitario Suelto (PUS)²⁷**

$$\text{Peso Unitario Suelto} = \frac{\text{Peso del agregado en estado suelto}}{\text{Volumen del molde de } \frac{1}{3}\text{pie}^3}$$

- **Peso Unitario Compactado (PUC)**

$$\text{Peso Unitario Compactado} = \frac{\text{Peso del agregado varillado}}{\text{Volumen del molde de } \frac{1}{3}\text{pie}^3}$$

- **Porcentaje de Vacíos**

$$\text{Porcentaje de Vacíos (\%)} = \frac{\text{Peso Específico Agregado grueso} - \text{PUC}}{\text{Peso Específico Agregado grueso}} * 100$$

Tabla 3.15 *Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso*

PESO UNITARIO CON MOLDE GRUESO			
Volumen del molde (pie ³)		1/3	
Volumen del molde (cm ³)		9438.949	
Peso del Molde (g)		5206	
PESO UNITARIO COMPACTADO			
Pesos del molde + agregado compactado	Agregado + molde	Peso Agregado	Peso Unitario Compactado
WM + A.g. (c) 1 (g)	19920	14714	1.559
WM + A.g. (c) 2 (g)	19918	14712	1.559
WM + A.g. (c) 3 (g)	19925	14719	1.559
Peso Unitario Compactado Promedio (g/cm ³)			1.559
Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m³)			1558.966
PESO UNITARIO SUELTO			
Pesos del molde + agregado compactado	Agregado +molde	Peso Agregado	Peso Unitario Compactado
WM + A.g (s)	18970	13764	1.458
Peso Unitario Suelto Promedio (g/cm ³)			1.458
Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m³)			1458.213
Contenido de Vacíos (%)			43.780

Peso Unitario Compactado = 1558.97 kg/m³

Peso Unitario Suelto = 1458.21 kg/m³

²⁷ (NTP.400.017, AGREGADOS. Método de Ensayo Para Determinar el Peso Unitario del Agregado, 2011)

Contenido de Vacíos (%) = 43.78

3.2.3.4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

NORMATIVA

- MTC E 206 (2000) Peso Específico y Absorción de los Agregados.
- NTP 400.021 (2002) Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.
- ASTM C 127 – 15 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

OBJETIVO

- Calcular el peso específico del agregado grueso, es decir peso por unidad de volumen, sin tomar en cuenta los vacíos.
- Calcular el peso específico del agregado grueso en los diferentes estados en los que los podemos encontrar; peso específico saturado superficialmente seco y el peso específico aparente.
- Calcular la capacidad de absorción de la muestra de agregado grueso.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa del material a usarse.

- Báscula Hidrostática
- Canasta:
Canasta metálica con la que se sumergirá el agregado.
- Bandejas:
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.
- Franela
Usada para dejar la superficie del material en estado SSS.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA:

- 1) Seleccionamos por cuarteo aproximadamente 10 kg de agregado grueso.
- 2) Lo tamizamos y eliminamos todo material que pase por el tamiz número #4.
- 3) Lo dejamos remojando en agua por 24 horas.

PROCEDIMIENTO²⁸:

- 1) Seleccionamos el agregado y lo retiramos del agua.



Figura 3.27. Agregado grueso saturado

²⁸ (NTP.400.021, 2002)

- 2) Con ayuda de un paño procedemos a secarlo hasta eliminar la capa superficial de agua.



Figura 3.28. Secado superficial del agregado grueso

- 3) Pesamos 2000g. del agregado.
- 4) Pesamos la cesta sumergida con ayuda de la balanza hidrostática.



Figura 3.29. Obtención de la masa de la canasta sumergida

- 5) Pesamos la cesta con el agregado todo sumergido con ayuda de la balanza hidrostática.
- 6) Retiramos la muestra de la cesta y la colocamos en una bandeja y la llevamos al horno donde la dejamos secar por 24 horas.



Figura 3.30. Introducción de la canasta con agregado grueso sumergido y obtención de su masa

7) Pesamos la muestra del agregado grueso seco.



Figura 3.31. Agregado grueso totalmente seco

CÁLCULOS Y RESULTADOS²⁹

- **Peso de la muestra sumergida**

$$(C) = D - E$$

²⁹ (NTP.400.021, 2002)

Dónde:

C = Peso de la muestra sumergida

D = Peso de la canasta+ muestra sumergida

E = peso de la canasta sumergida

• **Gravedad específica corriente**

$$GE = \frac{A}{B - C}$$

Dónde:

GE = Gravedad Específica

A = Peso muestra

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca

C = Peso de la muestra sumergida

• **Gravedad específica en condición saturada superficialmente seca**

$$GE_{ss} = \frac{B}{B - C}$$

Dónde:

GE_{ss} = Gravedad específica en condición saturada superficialmente seca

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca

C = Peso de la muestra sumergida

- **Absorción**

$$absorcion \% = \frac{B - A}{A} \cdot 100$$

Dónde:

A = Peso muestra

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca

- **Peso Específico**

$$\gamma' = GE (\gamma_w)$$

Tabla 3.16 Gravedad Específica, Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso

GRAVEDAD ESPECÍFICA, PESO ESPECÍFICO, Y % DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO	
(B) Grueso Superficialmente Seco (g)	2000
(E) Cesta Sumergida (g)	590.4
(D) Cesta +muestra sumergida (g)	1861.8
(C) Peso de la Muestra Sumergida	1271.4
Peso Agregado Grueso Seco	
Peso Bandeja (g)	546.5
Peso Bandeja +muestra (g)	2535
(A) Peso Agregado Grueso Seco (g)	1988.5
Peso Específico del Agua (kg/m ³)	1000
GRAVEDAD ESPECÍFICA (GE)	2.773
GRAVEDAD ESPECÍFICA SUPERFICIALMENTE SECA (GE_{ss})	2.789
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE (GE_{ap})	2.729
PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	2772.974
% DE ABSORCIÓN	0.578

**Peso Específico del Agregado Grueso 2772.97 kg/m³
Absorción del Agregado Grueso es 0.58 %**

3.2.3.5. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y DESGASTE DEL AGREGADO GRUESO

NORMATIVA

- MTC E 207 (2000) Abrasión Los Ángeles al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.5 mm (1 1/2")
- NTP 400.019 (2002) Resistencia a la Degradación de Agregados Gruesos de Tamaños Menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.
- ASTM C131/C131M-14 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.

OBJETIVO

- Determinar la resistencia que tiene al desgaste de los agregados gruesos menores a 1 ½ ", haciendo uso de una carga impuesta por la máquina de Los Ángeles.

EQUIPO DE LABORATORIO³⁰

- Báscula Electrónica:
Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa total usada.
- Horno:
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
± 5°C
- Bandejas:
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento

³⁰ (NTP.400.019, 2002)

- Tamices:
Con las siguientes aberturas $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " y el #12 (1.70 mm).
- Máquina de Los Ángeles:
Es un cilindro de acero, hueco, con los extremos cerrados y un eje agarrado en cada extremo que le permite el movimiento alrededor de estos.
- El cilindro tendrá las siguientes dimensiones

Longitud Interior 508 +- 5mm

Diámetro Interior 711 +- 5mm

El cilindro tendrá una abertura por el que la muestra se colocará en su interior, y un entrepaño que permita la rotación de la mezcla, además de proporcionar la carga de abrasión; la abertura se cerrara de tal forma que no permita la salida de polvo y será fijada por pernos.

La tapa mantendrá el contorno cilíndrico interior, y el entrepaño evitará que la carga caiga sobre la tapa durante el ensayo, será desmontable y de acero, ocupa longitudinalmente la generatriz del cilindro en longitud de 89 mm +- 2 mm.

- Carga Abrasiva:
Consiste en esferas de acero, cuyo diámetro oscila entre 46.38 mm y 47.63 mm. Además de un peso comprendido entre 390 g y 445 g.

Esta carga abrasiva dependerá de la granulometría de en ensayo, de acuerdo a la tabla siguiente.

Tabla 3.17 Carga Abrasiva y Número de Esferas para Ensayar el Agregado Grueso

Granulometría del Ensayo	Número Total de Esferas	Peso Total (g.)
A	12	5000 +- 25
B	11	4558 +- 25

C	8	3330 +- 20
D	6	2500 +- 15

PROCEDIMIENTO³¹

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- La muestra será secada al horno a temperaturas de 100°C.
- La muestra deberá ser separada en fracciones por su tamaño y luego combinadas siguiendo una granulometría descrita en la siguiente tabla, la granulometría debe ser representativa del agregado grueso.

Tabla 3.18 Masa Necesaria de Agregado Grueso para el Ensayo de Abrasión

Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		Pesos y Granulometrías de la Muestra para ensayo (g)			
mm	alt	mm	alt	A	B	C	D
37.5	1 1/2 "	-25	1 "	1250 +- 25			
25	1 "	-19	3/4 "	1250 +- 25			
19	3/4 "	-12.5	1/2 "	1250 +- 10	2500 +- 10		
12.5	1/2 "	-9.5	3/8 "	1250 +- 10	2500 +- 10		
9.5	3/8 "	-6.3	1/4 "			2500 +- 10	
6.3	1 1/4 "	-4.75	N° 4			2500 +- 10	
4.75	N° 4	-2.36	N° 8				5000 +- 10
TOTALES				5000 +- 10	2500 +- 10	5000 +- 10	5000 +- 10

- La muestra de agregado grueso, será pesada antes de realizar el ensayo, y con una aproximación de 1 gr.

³¹ (NTP.400.017, AGREGADOS. Método de Ensayo Para Determinar el Peso Unitario del Agregado, 2011)

PROCESO

- Para el TMN de nuestro agregado grueso usaremos los tamices de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " , y $\frac{3}{8}$ " ; y que deberán tener un % retenido de agregado de 2.5 kg. de material los dos últimos.
- Escogemos según la granulometría de la muestra, descrita para este ensayo y categorizada como B, el número de esferas (carga abrasiva) en este caso 11.
- El material y la carga abrasiva, deberán introducirse en la máquina de Los Ángeles, para luego hacerla girar a velocidad constante que será de entre 30 a 33 rpm, para dar en total 500 vueltas.
- Al completar el total de vueltas, se vacía el cilindro para empezar con una primera separación del material con la ayuda del tamiz N° 12.
- Lavar la muestra de tal forma que extraigamos el polvillo y cascara que queden en el agregado.
- Secar el material en horno, hasta que el peso se mantenga constante.
- Extraemos el material del horno y procedemos a pesarlo.

CALCULOS Y RESULTADOS

- El resultado será la diferencia de pesos entre la muestra inicial, y el peso luego del ensayo, y se expresa en porcentaje (%) del peso inicial del agregado, y se llamará coeficiente de desgaste de Los Ángeles.
- **Coeficiente de desgaste de los Ángeles³²:**

$$\% \text{ de Desgaste} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

³² (NTP.400.019, 2002)

Dónde:

- P_i = Peso inicial de la muestra, antes del ensayo.
- P_f = Peso final de la muestra, luego de tamizado, lavado y secado.

Tabla 3.19 *Porcentaje de Desgaste de los Ángeles*

% DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES			
MUESTRA	PESO INICIAL (g.)	PESO FINAL (g.)	% DESGASTE
1	5000	3860	22.8

Coefficiente de desgaste de los Ángeles = 22.8 %

3.2.4. COMBINACION DE AGREGADOS

El método de combinación de agregados será la base del diseño por compacidad, en el que la cantidad de agregados se obtendrá de la mejor distribución volumétrica del agregado grueso junto con el fino.

OBJETIVO

- Encontrar las cantidades de agregado fino y de agregado grueso que completaran el 100 % del volumen de agregados dentro de la mezcla, de tal forma que dejen la menor cantidad de espacios libres entre partículas.
- Realizar la curva de compacidad, con la que conoceremos cual es la mejor distribución de agregados, y cuanto difiere en sus diferentes proporciones.

EQUIPO DE LABORATORIO

- Báscula Electrónica

Balanza que deberá poseer una precisión de 0.01% de la masa del material a usarse.

- Horno:
Con capacidad de mantener temperaturas mayores a 110 °C.
- Bandejas:
Contenedores que guardaran la mezcla durante todo el procedimiento.
- Cucharas Metálicas.
- Molde de 1/3 pie³.
- Regla Metálica.
- Varilla de acero cilíndrica, de 5/8 " de diámetro y un largo de aproximadamente 60 cm o 24 pulg., con canto redondeado.

PROCEDIMIENTO

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- 1) Realizamos la selección de una muestra representativa, mediante el proceso de cuarteado.
- 2) Se deja secando la muestra durante 24 horas.

PROCESO

- 1) Escogemos los porcentajes de distribución de cada uno de los agregados.
- 2) Pesamos la cantidad de agregado fino y grueso de acuerdo a los porcentajes escogidos.
- 3) Metódicamente añadimos un tercio del peso de agregado grueso y un tercio del agregado fino y compactamos con la varilla, con 25 golpes.

- 4) Llenamos el siguiente tercio de cada uno de los agregados y volvemos a compactar la muestra con 25 golpes de varilla.
- 5) Llenamos el último tercio para su última compactación, y enrasamos con ayuda de la regla metálica.
- 6) Pesamos el molde, con el agregado incluido.
- 7) El proceso se vuelve a repetir variando los porcentajes de los agregados de lo que estará compuesto la mezcla global de agregados, y se repetirá el proceso de tal manera que cumplamos con un alto rango de posibilidades.

CALCULOS Y RESULTADOS

- **Peso Unitario Compactado³³:**

$$PUC = \frac{\text{Peso de los Agregados}}{\text{Volumen del molde}}$$

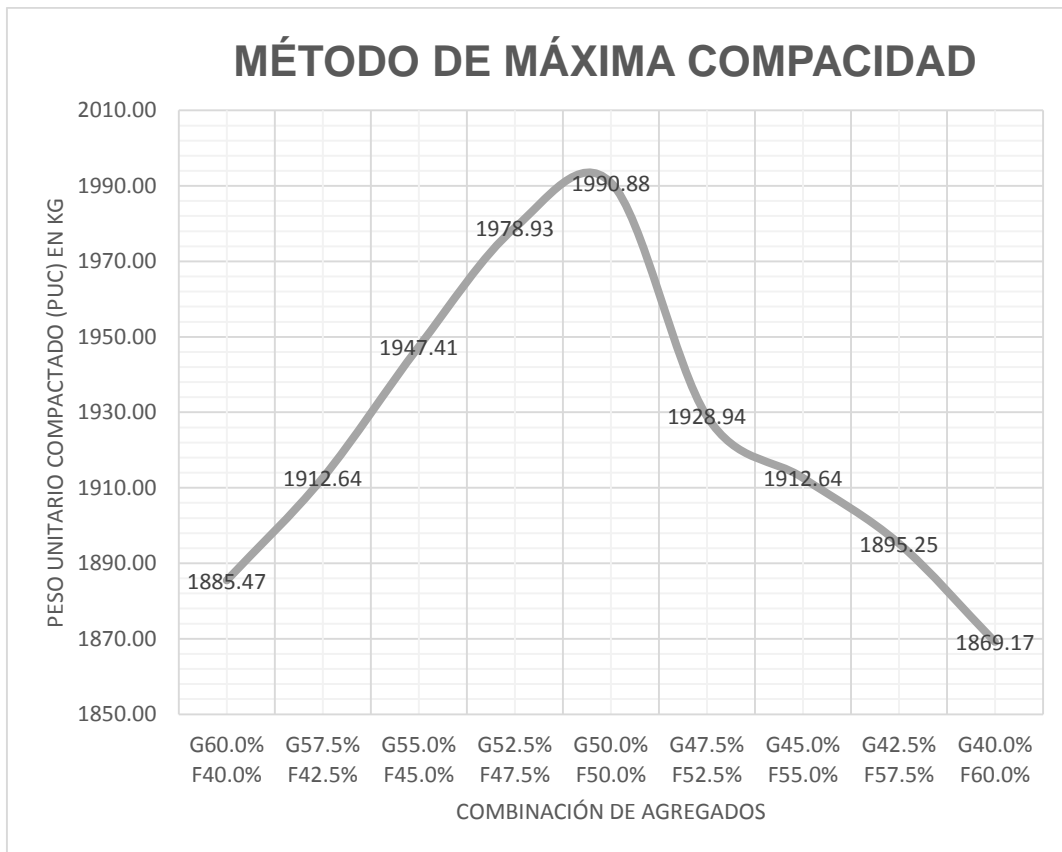
DONDE:

PUC = Peso Unitario Compactado

Tabla 3.20 Cálculo de la Máxima Compacidad de la Combinación de Agregados

METODO DE MAXIMA COMPACIDAD DE AGREGADOS COMBINADOS						
Cantera: LA PODEROSA				Vol. del proctor 1/3 pie ³		
Muestra	Gruoso	Fino	Wproctor + agregado(kg)	Peso Proctor	Peso Muestra (kg.)	PUC (kg.)
M1	60.0%	40.0%	22.160	4.81	17.350	1885.47
M2	57.5%	42.5%	22.410	4.81	17.600	1912.64
M3	55.0%	45.0%	22.730	4.81	17.920	1947.41
M4	52.5%	47.5%	23.020	4.81	18.210	1978.93
M5	50.0%	50.0%	23.130	4.81	18.320	1990.88
M6	47.5%	52.5%	22.560	4.81	17.750	1928.94
M7	45.0%	55.0%	22.410	4.81	17.600	1912.64
M8	42.5%	57.5%	22.250	4.81	17.440	1895.25
M9	40.0%	60.0%	22.010	4.81	17.200	1869.17

³³ (NTP.400.017, AGREGADOS. Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Agregado, 2011)



Gráfica 3.4 Máxima compacidad de la combinación de agregados

LA MEJOR COMBINACIÓN RESULTA DE:

AGREGADO GRUESO AL 51%

AGREGADO FINO AL 49%

3.2.5. AGUA

NORMATIVA

- NTP 339.088 Requisitos de calidad del agua para el concreto.
- ASTM C 94 Standard specification for ready mixed concrete

FUNCIÓN

El agua de mezcla cumplirá tres roles fundamentales:

- Actuar como reactivo del cemento, hidratándolo y produciendo silicatos de calcio.
- Es el catalizador del cemento haciéndolo reaccionar químicamente para formar fibras, que harán la pasta de cemento cuando el concreto está en estado fresco.
- Cumple la función de darle consistencia fluida a la mezcla, de tal forma que sea trabajable en su estado fresco.

OBTENER EL pH DEL AGUA

PROCEDIMIENTO.

- Seleccionar una muestra del agua usada.
- Colocar el papel tornasol en el agua para medir el pH.
- Compara el color del papel con la escala.

RESULTADOS

EL AGUA POSEE UN pH DE 7.5

3.2.6. ADITIVOS

Los aditivos entendemos como aquellos materiales que agregamos a la mezcla de concreto, aparte del cemento, agua y agregados, adicionados antes durante o después de mezclado.

Para realizar concreto antideslave necesitamos aumentar la cohesividad de la mezcla, disminuir su segregación y quitarle permeabilidad, disminuyendo así las dificultades que ocasiona someterlo a la acción del agua.

En este caso usaremos aditivos antiwashout AWA, en sus formas tanto como derivado de humo de sílice, y en base a celulosa, de este modo

verificaremos la efectividad de cada uno de ellos, así como la optimización en su diseño.

Debido a que el método de vaciado se ha establecido por el método tremie, es imperante la necesidad de usar aditivos que le den plasticidad a la mezcla, de tal forma que obtengamos una mezcla altamente fluida y cohesiva, que permita el correcto ordenamiento de partículas con el solo uso del peso propio.

Es así que se tomó la decisión del uso de Silica Fume, a través de su presentación de la marca Sika, producida bajo el nombre de Sika Fume, acompañado de un superplastificante de la misma marca y conocido comercialmente Sikament; así como el uso de un AWA en base a celulosa de la marca EUCO, producido a través del nombre comercial de EUCO AWA, acompañado de un superplastificante de alto rango de la misma marca, conocido comercialmente como EUCO superplast 37.

3.2.6.1. SIKA FUME³⁴

Adición de mineral en base a humo de sílice (micro sílice)

DESCRIPCIÓN

Sika Fume es una presentación de micro sílice en polvo de altísima calidad que cuando se agrega a mezclas de concreto, reduce el lavado de partículas finas, agregado fino y cemento, cuando el concreto está expuesto al agua en su etapa de vaciado.

Es un aditivo que no contiene cloruros y suele usarse en conjunción de un súper plastificante para llegar a tener la fluidez o slump requeridos, para su correcta colocación.

³⁴ (Sika, 2014)

USOS DEL ADITIVO

- Para usarse en vaciados bajo agua en obras portuarias, fundaciones de puentes, represas, reparaciones de obras expuestas a agua, etc.
- Para lograr concretos de baja permeabilidad y necesidades de alta durabilidad.
- Para lograr altas calidades de concreto en cuanto a resistencia, superiores a 500 kg/cm².
- Mejor desempeño de concretos bombeados y lanzados.
- En morteros y lechadas de inyección.

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Reduce la cantidad de pérdida de partículas finas en la mezcla de concreto.
- Incrementa resistencia a compresión.
- Disminuye la permeabilidad.
- Mejora la resistencia a ataques químicos.
- Mejora la adherencia al acero de reforzamiento.
- Logra el uso de mezclas de alta fluidez con propiedades cohesivas.
- Aumenta la cohesión y disminuye la exudación de la mezcla fresca.
- Mejora la capacidad de resistir ataques de cloruros y sulfatos.
- Mejora la resistencia al desgaste abrasivo.

COLOR

Gris

ASPECTO

Polvo.

PRESENTACIÓN

Bolsa de 25 kg

DATOS TÉCNICOS

- Gravedad Específica 2,2
- Blanie (Superficie específica) 18,000 – 22,000 m²/kg.
- Análisis químico
 - SiO₂ 93.0 % min.
 - Fe₂O₃ 0.80 % máx.
 - Al₂O₃ 0.40 % máx.
 - CaO 0.60 % máx.
 - MgO 0.60 % máx.
 - Na₂O 0.20 % máx.
 - K₂O 1.2 % máx.
 - C (libre) 2.0 % máx.
 - SO₃ 0.40 % máx.
 - L.O.I. 3.5 % máx.
- Fineza (D. prom. De partícula) 0.1 – 0.2 mm
- Porcentaje que pasa 45 mm 95 – 100 %
- Partícula Esférica
- Norma Norma CSA - A 3001 – 03

3.2.6.2. SIKAMENT TM 350³⁵

Es un súper plastificante, reductor de agua de alto rango, economizador de cemento. En climas templados y fríos mantiene la manejabilidad del concreto. No contiene cloruros.

USO

Sikament se le pueden dar 3 usos primarios:

- **Superplastificante:**

Si es añadido a una mezcla de concreto con consistencia normal se logra aumentar la fluidez, mejorando la trabajabilidad y dando posibilidad de bombeo.

Su uso es recomendado en cimentaciones de concretos cuando se haga uso de sistema tremie.

- **Como reductor de agua de alto poder:**

Al ser añadido en el agua de mezcla, llega a reducir el 30% del agua calculada en el diseño, permitiendo la misma trabajabilidad y aumento de resistencias a compresión a cualquiera de las edades. Disminuye la permeabilidad y aumento de la durabilidad del concreto.

- **Como economizador de cemento:**

Su capacidad de aumentar la resistencia a compresión a partir de la reducción de agua, se puede usar para disminuir la cantidad de cemento sin perder otras propiedades, disminuyendo así los costos.

³⁵ (Sika, 2012)

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Da la capacidad de trabajabilidad de la mezcla, sin perder la cohesión y evitando la formación de cangrejas.
- Permite una mejor capacidad de bombeo del concreto, logrando mayores alturas.
- Disminuye el tiempo de pérdida de trabajabilidad cuando se trabaja en climas templados y fríos.
- Aumenta la resistencia a la compresión inicial del concreto.
- Logra reducciones de agua hasta en un 30 %.
- Aumenta la resistencia a 28 días del concreto hasta en un 40 % en comparación a una mezcla sin aditivo.
- Disminuye la permeabilidad y mejora la capacidad de durabilidad del concreto.
- Aumenta la densidad de la mezcla de concreto.

COLOR

Pardo oscuro

EMPAQUE

- Cilindro x 200 L
- Dispenser x 1000 L
- Granel x 1L

3.2.6.3. EUCON AWA³⁶

DESCRIPCIÓN

El aditivo AWA de Eucon es aquel que se encuentra en estado líquido y está listo para ser usado, cuya función está centrada en reducir la pérdida de partículas finas, llámese cemento o agregado fino, durante el vaciado de concreto debajo del agua.

Está basado en una mezcla de diferentes ingredientes coloidales que interactúan principalmente en el agua, impidiendo que la pasta cementicia se deslave durante el proceso, además proporciona retención en el slump superior a la vez que disminuye considerablemente el impacto ambiental que producen las partículas de cemento debajo del agua.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Solución y reparación de las cimentaciones de puentes.
- Reparación de represas bajo el nivel del agua.
- Aplicación de grouts y morteros bajo agua.
- Vaciados de estructuras subterráneas cuando se necesite la operación debajo de ríos o de lagos.
- Impide la segregación en las mezclas especiales de concretos de densidades ligeras o pesadas.
- Reducciones significativas del sangrado cuando se requiere reducir los tiempos constructivos.

³⁶ (The Euclid Chemical Company, 2008)

BENEFICIOS

- Disminuye el impacto ambiental en la zona de vaciado al enviar menos partículas finas.
- Ya no se necesitan utilizar otras metodologías de mayor costo y con mayor incertidumbre de resultados.
- Disminuye significativamente el sangrado del concreto.
- Retención mejorada del slump.
- No aumenta la necesidad de agua a la mezcla.

DATOS TÉCNICOS

- Densidad: 1.23 +/- 0.02 g/ml
- pH: 8.00 +/- 1.00
- Líquido viscoso color café oscuro

ESPECIFICACIONES

- ASTM C 494 Tipo S

MODO DE USO

Para disminuir el lavado de partículas finas del concreto cuando está expuesto a agua, se debe utilizar dosificaciones que vayan desde 0.65 litros por cada 100 kg de cemento hasta 2.1 litros por cada 100 kg de cemento. Se estima que en dosificaciones de 1.6 litros se produce una demora en la fragua que van de 6 a 10 horas. Cuando se haga uso de concreto sin inclusiones de aire por aditivo, el concreto y el slump será ajustado con súper plastificantes antes de agregar el aditivo AWA.

No se necesita ajustar el slump después de añadir el aditivo AWA.

En caso de usar aditivos inclusores de aire, deberá añadirse luego del Eucon AWA.

El EUCON AWA debe agregarse antes del HRWR.

PRESENTACIÓN

- Cubetas de 19 L
- Tambores de 200 L

PRECAUCIONES Y RESTRICCIONES

- No se debe dejar que el aditivo entre en congelamiento.
- Los aditivos inclusores de aire se añadirán al último.
- Los súper plastificantes aumentará el revenimiento después de adicionar el aditivo AWA.
- De acuerdo a la dosificación que se use provocará un retardo del tiempo de fragua.
- Sobredosis de aditivo provocan retardos considerables de la fragua.
- Las variaciones en los materiales usados en la mezcla de concreto, así como la temperatura de mezcla, modifican el desempeño del aditivo AWA, provocando cambios en el concreto fresco y en su estado endurecido.
- El producto debe almacenarse en su envase original, bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco.

3.2.6.4. EUCON SUPERPLAST 37³⁷

El súper plastificante Euco 37, es además un reductor de agua de alto rango, y un reductor de cantidades de cemento.

Tiene facilidad de adición y dosificado tanto en obra como en la planta de concreto de premezclado. No tiene en su composición cloruros, por lo que es bastante usado para concretos pretensados. Tiene compatibilidad con aditivos inclusores de aire, acelerantes de fragua, impermeabilizantes, entre otros; aunque su adición deberá ser por separado.

PROPIEDADES DEL ADITIVO:

- Apariencia: líquido color café
- Densidad: 1.19 kg/lit.

APLICACIONES:

- Súper plastificante: Mejora la trabajabilidad del concreto aumentado el slump, sin necesidad de un incremento en la proporción del agua, convirtiéndolo en un concreto bombeable.
- Reductor de agua: Logra disminuir hasta en 30% el agua necesaria para lograr un determinado Slump, incrementado además las resistencias a compresión a diferentes edades.
- Ahorrador de cemento: Si tomamos en cuenta la reducción de la cantidad de agua, la relación agua/cemento también se reduce aumentando la resistencia a la compresión, sin embargo si deseamos mantener la resistencia deberemos mantener la relación agua/cemento, reduciendo la cantidad de cemento a la mezcla y con ello disminuir el precio del concreto por metro cúbico.

³⁷ (Euclid Group Eucomex, 2016)

CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- Si es usado como súper plastificante aumenta la trabajabilidad y la posibilidad de bombear a mayores longitudes, además le da mayor tiempo para ser transportado. Evita la aparición de cangrejeras mejorando las propiedades cohesivas del concreto, a la vez que reduce la segregación de la mezcla.
- Si es usado como reductor de agua, mejora la impermeabilidad del concreto, aumenta la resistencia a la compresión, y da mejor acabado al concreto.

RENDIMIENTO:

EUCO 37 se dosifica del 0.5 al 2% peso del cemento, de acuerdo a las características deseadas.

INFORMACION TECNICA

Resultados Típicos de Ingeniería:

Los siguientes resultados fueron obtenidos en condiciones de laboratorio. Resistencia a la compresión, % del Testigo

Especificación, % del Testigo

Tabla 3.21 Resultados del Aditivo EUCON 37

	Especificación % del testigo	Testigo	Euco 37
1 día	Mín. 140	100	169.7
3 días	Mín. 125	100	161.4
7 días	Mín. 115	100	151.8
28 días	Mín. 110	100	153.8
6 meses	Mín. 100	100	151.4

Pérdida de Asentamiento

El aditivo EUCO 37 que se aplique a un concreto retiene su consistencia plástica de 30 a 60 minutos luego de ser añadido, y está relacionado con el slump y las dosificaciones de los otros materiales.

Deberá usarse otro aditivo diferente a Euco 37 para climas cálidos, es decir por encima de los 32°C.

Pérdida de Asentamiento Típica a 21°C

Asentamiento inicial	Asentamiento después de 30 min.
216 mm.	178 mm.
241 mm.	203 mm.

ESPECIFICACIONES/NORMAS

ASTM C-494, aditivos Tipo A y F.

COMO HACER USO DEL ADITIVO

El uso de del aditivo Euco 37 se deberá hacerse una vez la mezcla este mojada en el mezclador de concreto, disuelto en agua. Sin entrar en contacto directo con el cemento antes de hacerlo reaccionar con el agua. La dosificación deberá calcularse antes, mediante ensayos para obtener la cantidad necesaria y así alcanzar los efectos deseados en la mezcla de concreto.

- **Concreto de Alta Resistencia**

Dosificación – Una vez colocados todos los materiales que compondrán el concreto dentro de la mezcladora con un aproximado del 70 % del agua dosificada, mezcle por 5 minutos o 70 revoluciones. Luego agregue el restante junto con el aditivo superplastificante y mezcle durante 3 minutos más. La dosificación estará entre 0.9% y 2% del peso del cemento. Y debido a su baja relación a/c suelen estar en slump de entre 152 a 229 mm.

- **Concreto Convencional**

Ponga todos los materiales para el concreto, en el orden correcto en la mezcladora y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla de asentamiento típico de 76 mm. Agregue EUCO 37 y mezcle por un (1) minuto adicional.

Dosificación - Utilícelo a razón de 0.45% - 0.6%.

El asentamiento inicial generalmente está entre 51-76 mm. Estas mezclas, con una relación agua/cemento de 0.45 - 0.50 con frecuencia se utilizan para pisos y losas, en las que se requiere minimizar el contenido de agua, retracción y agrietamiento.

- **Concreto Fluido**

Ponga todo el material de concreto en el orden correcto en la mezcladora y mezcle por cinco (5) minutos ó 70 revoluciones para lograr una mezcla de asentamiento típico de 76 mm. Agregue EUCO 37 y mezcle por otros tres (3) minutos.

Dosificación - Utilice EUCO 37 a razón de 0,76% al 0,92% del peso de cemento de cemento sobre un concreto de asentamiento convencional (76 mm) para lograr una mezcla fluida. Las proporciones del diseño de mezcla deben basarse en la temperatura, tipo de cemento y la pérdida de asentamiento requerida. Cuando diseñe mezclas para usarlas con EUCO 37 siga las recomendaciones del ACI 211.1 y 211.2. Ajuste la proporción de los agregados para mantener la homogeneidad.

Curado y Sellado

Es muy importante seguir los procedimientos correctos para asegurar la durabilidad y calidad del concreto. Para prevenir fisuras de superficie, cure las losas con un compuesto de altos sólidos.

PRESENTACION

EUCO 37 se ofrece a granel, envases de 250 kg. y baldes de 20 kg.

3.3. DISEÑOS DE MEZCLAS

El diseño de mezclas es el proceso mediante el cual podemos calcular las cantidades exactas de cada material a usarse con el fin de lograr un concreto de una determinada calidad, un slump que permita una correcta trabajabilidad, y una correcta durabilidad, a pesar de ser basado en métodos empíricos.

El diseño de mezclas permitirá reducir costos al obtener las menores proporciones para unas determinadas características, así como obtener menores variabilidades dentro de la misma mezcla.

Además se podrá mejorar las características del concreto en su estado fresco o endurecido mediante el uso de aditivos químicos que a su vez también podrán proporcionar una disminución en los costos finales.

Por lo general los diseños de mezcla proporcionan los siguientes volúmenes:

- Aire: 1% a 3 %
- Cementos: 7% a 15 %
- Agua: 15 % a 22 %
- Agregados: 60 % a 75 %

3.3.1. RESUMEN PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Los ensayos desarrollados en el presente capítulo, son los necesarios para llevar a cabo un diseño de mezclas, todos ellos han sido cuidadosamente elaborados siguiendo las normativas vigentes y parámetros demarcados en cada una de ellas, con el fin de obtener los

resultados más acertados y acordes a la realidad de cada uno de los elementos, y así disminuir al incertidumbres con respecto a la calidad de nuestro concreto.

De igual manera los datos de los aditivos, así como del cemento se obtuvieron de los proveedores como fuente, siguiendo las recomendaciones de uso y dosificación.

Tabla 3.22 Resumen de las Propiedades Físicas de los Agregados Fino y Grueso

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO	CEMENTO	AGUA
TMN	3/4''	-	-	-
MODULO DE FINEZA	7.032	2.559	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.247	0.171	-	-
PESO ESPECIFICO (kg/m ³)	2772.974	2478.992	2820	1000
ABSORCIÓN (%)	0.578	1.695	-	-
PESO UNITARIO SUELTO (kg/m ³)	1458.213	1502.404	-	-
PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m ³)	1558.966	1658.730	-	-
VACÍOS (%)	43.780	33.100	-	-
COEFICIENTE DE DESGASTE (%)	22.800	-	-	-
IMPUREZAS ORGÁNICAS	-	NO PRESENTA	-	-

3.3.2. DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI 211³⁸

El ACI, sugiere un diseño basado en ensayos empíricos, que consisten en pasos y tablas elaborados en sus laboratorios, con resultados muy cercanos a la realidad.

1. Resistencia requerida f'_{cr} .

- Se calcula la desviación estándar.
- Si la desviación estándar se obtuvo de un registro en el rango de 15 a 29 ensayos, se deberá multiplicar la desviación estándar por los coeficientes de la siguiente tabla:

Tabla 3.23 Corrección por Desviación Estándar

MUESTRAS	FACTOR DE CORRECCIÓN
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

- Calculamos la resistencia requerida con el mayor de valor resultado de las siguientes fórmulas:

$$F'_{cr} = f'_{c} + 1.34*s \dots\dots\dots (1)$$

$$F'_{cr} = f'_{c} + 2.33*s - 35 \dots\dots\dots (2)$$

- Si no se llegan a obtener al menos 15 ensayos para obtener la desviación estándar, entonces se hará uso de las fórmulas de la siguiente tabla para hallar la resistencia requerida f'_{cr} :

Tabla 3.24 Resistencia Requerida sin Datos de Desviación Estándar

f'_{c}	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_{c} + 70$
210 a 350	$f'_{c} + 84$
Sobre 350	$f'_{c} + 98$

2. Se deberá escoger un valor adecuado de slump a ser usado según la tabla siguiente:

³⁸ (American Concrete Institute Committee 211, 2008)

Tabla 3.25 Asentamientos o Slump Según la Estructura

TIPO DE ESTRUCTURA	ASENTAMIENTOS EN PULGADAS	
	Máximo	Mínimo
Zapatatas y muros de cimentación reforzada.	3	1
Cimentaciones simples, cajas y sub-estructuras de muro.	3	1
Vigas y muros armados.	4	1
Columnas de edificios.	4	1
Losas y pavimentos.	3	1
Concreto ciclópeo.	2	1

3. Seleccionamos el TMN del agregado grueso a ser usado, además tomarse en cuenta algunas consideraciones, que deberá cumplir:

- El TMN deberá ser menor a $1/5$ de la menor distancia entre caras de encofrados.
- El TMN deberá ser menor a $1/3$ del peralte de losas.
- El TMN deberá ser menor de $3/4$ del espacio libre mínimo entre las barras de refuerzo longitudinales.

4. Escogemos la cantidad necesaria de agua, en base al TMN del agregado grueso, el slump y si se añadirá aire a la mezcla y la cantidad de aire en la mezcla.

Tabla 3.26 Contenidos de Agua y Aire Atrapado

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-
Contenido de Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Tabla 3.27 Contenido de Agua y Aire Atrapado Considerando Aire Incorporado

AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA								
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	187	184	174	166	154	-
Contenido total de Aire (%)								
moderada	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5
severa	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4
suave	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1

5. Calculamos la relación agua cemento interpolando a partir de la siguiente tabla, y calculamos la cantidad de cemento.

Tabla 3.28 Relación Agua/Cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg / cm ²)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE	CONCRETO CON AIRE
	INCORPORADO	INCORPORADO
f'cr		
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

6. Seleccionamos el volumen de agregado grueso que contendrá la mezcla a partir de su TMN y el módulo de fineza del agregado fino, y luego calcular su peso correspondiente.

Tabla 3.29 Volumen de Agregado Grueso por Volumen de Concreto

Tamaño máximo Nominal del Agregado Grueso	Volumen de Agregado Grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60

1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.70
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.81	0.79	0.77	0.75
6	0.87	0.85	0.83	0.81

El peso será el resultado de multiplicar el volumen de agregado grueso en la mezcla y luego multiplicarlo por su peso unitario seco compactado.

7. Calcular el volumen y peso del agregado fino.

- Calcular el volumen del agregado grueso, dividiendo el peso del agregado grueso entre su peso específico.
- Calcular la suma de los volúmenes del agua, cemento, aire y el agregado grueso.
- Hallar el volumen del agregado fino a partir de restar a la unidad la suma del volumen de los demás materiales de la mezcla.
- Calcular el peso del agregado fino, multiplicando el volumen de agregado hallado por su peso específico.

8. Hacer un ajuste por humedad de los agregados.

$$\text{Peso Ag. Seco} = (1 + \text{contenido de humedad}) * \text{Peso Humedo Ag.}$$

9. Hacer el ajuste de agua por absorción de los agregados.

$$\text{Ajuste de Agua} = (\text{Contenido Humedad} - \text{Absorción}) * \text{Peso Agreg}$$

10. Hallar las proporciones de la mezcla dividiendo todos los valores por el peso del cemento.

a) Diseño para resistencia de 175 kg/cm²

Tabla 3.30 Diseño para Resistencia de 175 kg/cm² Según ACI

DISEÑO DE MEZCLAS		
DATOS DEL AGREGADO FINO		
MÓDULO DE FINEZA	2.56	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2478.99	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.17	%
ABSORCIÓN	1.69	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1502.40	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1658.73	kg/m ³
DATOS DEL AGREGADO GRUESO		
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2772.97	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.25	%
ABSORCIÓN	0.58	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1458.21	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1558.97	kg/m ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4	
DATOS DE DISEÑO		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	f 'c =	175 kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	f 'cr =	245 kg/cm ²
SLUMP O ASENTAMIENTO		3 a 4 pulgadas
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		2820 kg/m ³
PESO UNITARIO DEL CEMENTO TIPO I		1500.87 kg/m ³
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA		1000 kg/m ³
INCORPORAR AIRE	SI - NO	no
TIPO DE EXPOSICIÓN (SOLO SI SE INCORPORA AIRE)	severa- modera- suave	moderada
CÁLCULO		
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI		
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)		
Contenido de agua (lts/m ³)		205
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)		1000
Volumen absoluto de agua (m ³)		0.205
2. RELACION AGUA CEMENTO		
A/C		0.628
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA		
Contenido de cemento (kg)		326.433
Volumen de cemento (m ³)		0.116
Volumen de agua (m ³)		0.205

4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102
Volumen de Aire (%)	2.0

5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Específico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	326.43	2820.000	0.116
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.703

6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	
Volumen Absoluto de Ag, Fino (m ³)	0.297

7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.116	2820	326.433
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.297	2478.991597	736.609
Aire	-	-	-

8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD		
HUMEDAD		
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)		1006.582
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)		737.871
ABSORCIÓN		
Agua Libre Ag. Grueso (lts)		-3.327
Agua Libre Ag. Fino (lts)		-11.223
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)		219.55

9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3	
Cemento (kg)	326.433
Ag Fino (kg)	737.871
Ag Grueso (kg)	1006.582
Agua (kg)	219.550
SUMATORIA	2290.436

10. PROPORCIONES	
Cemento	1
Agregado Fino	2.26
Agregado Grueso	3.08
Agua	0.67
C : AF : AG : A	1 : 2.26 : 3.08 : 0.67

11. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento (bls)	7.68

Ag Fino (kg/bls)	96.08
Ag Grueso (kg/bls)	131.07
Agua (l/bls)	28.59
C : AF : AG : A	7.68 : 96.08 : 131.07 : 28.59

CÁLCULO PARA VACIADO	
1. VOLUMEN DE PROBETA	
Diámetro (m)	0.15
Altura (m)	0.30
Volumen (m ³)	0.0053
2. VOLUMEN TOTAL A VACIAR	
# de probetas	8
Desperdicio (10 %)	0.0042
Volumen Total (m ³)	0.0467
3. DOSIFICACIÓN	
Cemento (kg)	15.23
Ag Fino (kg)	34.42
Ag Grueso (kg)	46.96
Agua (L)	10.24

b) Diseño para resistencia de 210 kg/cm²

Tabla 3.31 Diseño para Resistencia de 210 kg/cm² Según ACI

DISEÑO DE MEZCLAS		
DATOS DEL AGREGADO FINO		
MÓDULO DE FINEZA	2.56	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2478.99	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.17	%
ABSORCIÓN	1.69	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1502.40	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1658.73	kg/m ³

datos del agregado grueso		
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2772.97	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.25	%
ABSORCIÓN	0.58	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1458.21	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1558.97	kg/m ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4	

DATOS DE DISEÑO

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	$f'c =$	210	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	$f'cr =$	294	kg/cm ²
SLUMP O ASENTAMIENTO		3 a 4	pulgadas
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		2820	kg/m ³
PESO UNITARIO DEL CEMENTO TIPO I		1500.87	kg/m ³
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA		1000	kg/m ³
INCORPORAR AIRE	SI - NO	no	
TIPO DE EXPOSICIÓN (SOLO SI SE INCORPORA AIRE)	severa- modera- suave		moderada

CÁLCULO	
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI	
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)	
Contenido de agua (lts/m ³)	205
Peso Específico del Agua (kg/m ³)	1000
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205

2. RELACION AGUA CEMENTO	
A/C	0.5584

3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA	
Contenido de cemento (kg)	367.120
Volumen de cemento (m ³)	0.130
Volumen de agua (m ³)	0.205

4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102
Volumen de Aire (%)	2.0

5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Específico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	367.12	2820.000	0.130
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.717

6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO
--

Volumen Absoluto de Ag, Fino (m ³)	0.283
--	-------

7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.130	2820	367.120
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.283	2478.991597	700.842
Aire	-	-	-

8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	
HUMEDAD	
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	702.043
ABSORCIÓN	
Agua Libre Ag. Grueso (Its)	-3.327
Agua Libre Ag. Fino (Its)	-10.678
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (Its)	219.00

9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3	
Cemento (kg)	367.120
Ag Fino (kg)	702.043
Ag Grueso (kg)	1006.582
Agua (kg)	219.005
SUMATORIA	2294.750

10. PROPORCIONES	
Cemento	1
Agregado Fino	1.91
Agregado Grueso	2.74
Agua	0.60
C : AF : AG : A	1 : 1.91 : 2.74 : 0.6

11. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento (bls)	8.64
Ag Fino (kg/bls)	81.25
Ag Grueso (kg/bls)	116.50
Agua (l/bls)	25.35
C : AF : AG : A	8.64 : 81.25 : 116.5 : 25.35

CÁLCULO PARA VACIADO

1. VOLUMEN DE PROBETA	
Diámetro (m)	0.15
Altura (m)	0.30
Volumen (m ³)	0.0053
2. VOLUMEN TOTAL A VACIAR	
# de probetas	8
Desperdicio (10 %)	0.0042
Volumen Total (m ³)	0.0467
3. DOSIFICACIÓN	
Cemento (kg)	17.13
Ag Fino (kg)	32.75
Ag Grueso (kg)	46.96
Agua (L)	10.22

c) Diseño para resistencia de 280 kg/cm²

Tabla 3.32 Diseño para Resistencia de 280 kg/cm² Según ACI

DISEÑO DE MEZCLAS		
DATOS DEL AGREGADO FINO		
MÓDULO DE FINEZA	2.56	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2478.99	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.17	%
ABSORCIÓN	1.69	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1502.40	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1658.73	kg/m ³

datos del agregado grueso		
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2772.97	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.25	%
ABSORCIÓN	0.58	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1458.21	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1558.97	kg/m ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4	

datos de diseño			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	f 'c =	280	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	f'cr =	364	kg/cm ²
SLUMP O ASENTAMIENTO		3 a 4	pulgadas
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		2820	kg/m ³
PESO UNITARIO DEL CEMENTO TIPO I		1500.87	kg/m ³
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA		1000	kg/m ³
INCORPORAR AIRE	SI - NO	no	

TIPO DE EXPOSICIÓN (SOLO SI SE INCORPORA AIRE)	severa- modera- suave	moderada
--	-----------------------------	----------

CÁLCULO	
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI	
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)	
Contenido de agua (lts/m ³)	205
Peso Específico del Agua (kg/m ³)	1000
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205

2. RELACION AGUA CEMENTO	
A/C	0.466

3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA	
Contenido de cemento (kg)	439.914
Volumen de cemento (m ³)	0.156
Volumen de agua (m ³)	0.205

4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102
Volumen de Aire (%)	2.0

5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Específico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	439.91	2820.000	0.156
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.743

6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	
Volumen Absoluto de Ag, Fino (m ³)	0.257

7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.156	2820	439.914
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.257	2478.991597	636.851
Aire	-	-	-

8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	
---------------------------------------	--

HUMEDAD	
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	637.942
ABSORCIÓN	
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-9.703
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	218.03

9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3	
Cemento (kg)	439.914
Ag Fino (kg)	637.942
Ag Grueso (kg)	1006.582
Agua (kg)	218.030
SUMATORIA	2302.468

10. PROPORCIONES	
Cemento	1
Agregado Fino	1.45
Agregado Grueso	2.29
Agua	0.50
C : AF : AG : A	1 : 1.45 : 2.29 : 0.5

11. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento (bls)	10.35
Ag Fino (kg/bls)	61.64
Ag Grueso (kg/bls)	97.25
Agua (l/bls)	21.07
C : AF : AG : A	10.35 : 61.64 : 97.25 : 21.07

CÁLCULO PARA VACIADO	
1. VOLUMEN DE PROBETA	
Diámetro (m)	0.15
Altura (m)	0.30
Volumen (m ³)	0.0053
2. VOLUMEN TOTAL A VACIAR	
# de probetas	8
Desperdicio (10 %)	0.0042
Volumen Total (m ³)	0.0467
3. DOSIFICACIÓN	
Cemento (kg)	20.52
Ag Fino (kg)	29.76
Ag Grueso (kg)	46.96
Agua (L)	10.17

3.3.3. DISEÑO DE MEZCLAS MÉTODO MÁXIMA COMPACIDAD.

1. Resistencia requerida f'_{cr} .

- Se calcula la desviación estándar.
- Si la desviación estándar se obtuvo de un registro en el rango de 15 a 29 ensayos, se deberá multiplicar la desviación estándar por los coeficientes de la siguiente tabla:

Tabla 3.33 Factores de Corrección por Desviación Estándar, para Máxima Compacidad

MUESTRAS FACTOR DE CORRECCIÓN	
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1

- Calculamos la resistencia requerida con el mayor de valor resultado de las siguientes fórmulas:

$$F'_{cr} = f'_{c} + 1.34 s \quad (1)$$

$$F'_{cr} = f'_{c} + 2.33 s - 35 \quad (2)$$

- Si no se llegan a obtener al menos 15 ensayos para obtener la desviación estándar, entonces se hará uso de las fórmulas de la siguiente tabla para hallar la resistencia requerida f'_{cr} :

Tabla 3.34 Resistencia Requerida sin Datos, para Máxima Compacidad

f'_{c}	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_{c} + 70$
210 a 350	$f'_{c} + 84$
Sobre 350	$f'_{c} + 98$

2. Se deberá escoger un valor adecuado de slump a ser usado según la tabla siguiente:

Tabla 3.35 Asentamientos Necesarios Según el Tipo de Estructura, Máxima Compacidad

TIPO DE ESTRUCTURA	ASENTAMIENTOS EN PULGADAS	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzada.	3	1
Cimentaciones simples, cajas y sub-estructuras de muro.	3	1
Vigas y muros armados.	4	1
Columnas de edificios.	4	1
Losas y pavimentos.	3	1
Concreto ciclópeo.	2	1

3. Seleccionamos el TMN del agregado grueso a ser usado, además tomarse en cuenta algunas consideraciones, que deberá cumplir:
 - El TMN deberá ser menor a $1/5$ de la menor distancia entre caras de encofrados.
 - El TMN deberá ser menor a $1/3$ del peralte de losas.
 - El TMN deberá ser menor de $3/4$ del espacio libre mínimo entre las barras de refuerzo longitudinales.
4. Escogemos la cantidad necesaria de agua, en base al TMN del agregado grueso, el slump y si se añadirá aire a la mezcla y la cantidad de aire en la mezcla.

Tabla 3.36 Contenidos de Agua y de Aire Atrapado para el Método de Máxima Compacidad, sin aire atrapado

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	-
Contenido de Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Tabla 3.37 **Contenidos de Agua y de Aire Atrapado para el Método de Máxima Compacidad, con aire atrapado**

AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA								
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
	3/8	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	6
1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
6 a 7	216	205	187	184	174	166	154	-
Contenido total de Aire (%)								
moderada	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5
severa	7.5	7	6.5	6	5.5	5	4.5	4
suave	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1

- Calculamos la relación agua cemento interpolando a partir de la siguiente tabla, y calculamos la cantidad de cemento.

Tabla 3.38 **Relación Agua/Cemento para el Método de Máxima Compacidad**

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg / cm ²)	RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE	CONCRETO CON AIRE
f'cr	INCORPORADO	INCORPORADO
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

- Seleccionamos el volumen de agregado grueso que contendrá la mezcla a partir de su TMN y el módulo de fineza del agregado fino, y luego calcular su peso correspondiente.

El peso será el resultado de multiplicar el volumen de agregado grueso en la mezcla y luego multiplicarlo por su peso unitario seco compactado.

- Hallar la sumatoria de volúmenes sin tomar en cuenta los agregados.

- Calcular el volumen que los agregados ocuparan en la mezcla.

- A partir del ensayo de máxima compacidad, obtenemos los porcentajes de los agregados en el que se desarrolla la mejor distribución de partículas.
- Calcular la cantidad de cada agregado que cumplirán con el volumen antes obtenido, y así obtenemos nuestros pesos secos de la mezcla de concreto.

9. Hacer un ajuste por humedad de los agregados.

$$\text{Peso Ag. Seco} = (1 + \text{contenido de humedad}) * \text{Peso Humedo Ag.}$$

10. Hacer el ajuste de agua por absorción de los agregados.

$$\text{Ajuste de Agua} = (\text{Contenido Humedad} - \text{Absorción}) * \text{Peso Agreg}$$

11. Hallar las proporciones de la mezcla dividiendo todos los valores por el peso del cemento.

a) Diseño para resistencia de 175 kg/cm²

Tabla 3.39 Diseño de Resistencia de 175 kg/cm², por Método de Máxima Compacidad

<u>DISEÑO DE MEZCLAS</u>		
DATOS DEL AGREGADO FINO		
MÓDULO DE FINEZA	2.5592	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2478.9916	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.1727	%
ABSORCIÓN	1.6949	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1502.4036	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1658.7299	kg/m ³

datos del agregado grueso		
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2772.9745	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.2477	%
ABSORCIÓN	0.5783	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1458.2132	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1558.9660	kg/m ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4	

datos de diseño			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	$f'c =$	175	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	$f'cr =$	245	kg/cm ²
SLUMP O ASENTAMIENTO		3 a 4	pulgadas
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		2820	kg/m ³
PESO UNITARIO DEL CEMENTO TIPO I		1500.87	kg/m ³
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA		1000	kg/m ³
INCORPORAR AIRE	SI - NO	no	
TIPO DE EXPOSICIÓN (SOLO SI SE INCORPORA AIRE)	severa- modera- suave		moderada

CÁLCULO	
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI	
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)	
Contenido de agua (lts/m ³)	205
Peso Específico del Agua (kg/m ³)	1000
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205

2. RELACION AGUA CEMENTO	
A/C	0.628

3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA	
Contenido de cemento (kg)	326.433
Volumen de cemento (m ³)	0.116
Volumen de agua (m ³)	0.205

4. SUMATORIA VOLÚMENES SIN EL AGREGADOS			
	Peso Seco	Peso Específico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.020
Cemento	326.43	2820.000	0.116
Sumatoria de Volúmenes			0.341

5. VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS	
Volumen Absoluto de Agregados (m ³)	0.660

6. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Específico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.116	2820	326.433
Ag. Grueso	0.318	-	881.193
Ag. Fino	0.342	2478.991597	846.636
Aire	0.020	-	-

7. CORRECCION POR ABSORCION Y HUMEDAD	
HUMEDAD	
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	883.375
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	848.098
ABSORCIÓN	
Agua Libre Ag. Grueso (Its)	-2.914
Agua Libre Ag. Fino (Its)	-12.888
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (Its)	220.80

8. DISEÑO FINAL PARA 1 M3	
Cemento (kg)	326.433
Ag Fino (kg)	848.098
Ag Grueso (kg)	883.375
Agua (kg)	220.801
SUMATORIA	2278.708

9. PROPORCIONES	
Cemento	1
Agregado Fino	1.45
Agregado Grueso	2.29
Agua	0.50
C : AF : AG : A	1 : 1.45 : 2.29 : 0.5

10. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento (bls)	7.68
Ag Fino (kg/bls)	110.43
Ag Grueso (kg/bls)	115.02
Agua (l/bls)	28.75
C : AF : AG : A	7.68 : 110.43 : 115.02 : 28.75

CÁLCULO PARA VACIADO	
1. VOLUMEN DE PROBETA	
Diámetro (m)	0.15
Altura (m)	0.30
Volumen (m ³)	0.0053
2. VOLUMEN TOTAL A VACIAR	
# de probetas	8
Desperdicio (10 %)	0.0042
Volumen Total (m ³)	0.0467
3. DOSIFICACIÓN	
Cemento (kg)	15.23
Ag Fino (kg)	29.76
Ag Grueso (kg)	46.96
Agua (L)	10.17

b) Diseño para resistencia de 210 kg/cm²

Tabla 3.40 Diseño de Resistencia de 210 kg/cm², por Método de Máxima Compacidad

DISEÑO DE MEZCLAS		
DATOS DEL AGREGADO FINO		
MÓDULO DE FINEZA	2.5592	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2478.9916	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.1727	%
ABSORCIÓN	1.6949	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1502.4036	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1658.7299	kg/m ³

datos del agregado grueso		
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2772.9745	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.2477	%
ABSORCIÓN	0.5783	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1458.2132	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1558.9660	kg/m ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4	

datos de diseño			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	f'c =	210	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	f'cr =	294	kg/cm ²
SLUMP O ASENTAMIENTO		3 a 4	pulgadas
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		2820	kg/m ³
PESO UNITARIO DEL CEMENTO TIPO I		1500.87	kg/m ³
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA		1000	kg/m ³
INCORPORAR AIRE	SI - NO	no	
TIPO DE EXPOSICIÓN (SOLO SI SE INCORPORA AIRE)	severa- modera-suave		moderada

CÁLCULO	
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI	
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)	
Contenido de agua (lts/m ³)	205
Peso Específico del Agua (kg/m ³)	1000
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	
A/C	0.5584

3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA	
Contenido de cemento (kg)	367.120
Volumen de cemento (m3)	0.130
Volumen de agua (m3)	0.205

4. SUMATORIA VOLÚMENES SIN EL AGREGADOS			
	Peso Seco	Peso Específico	Volumen (m3)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.020
Cemento	367.12	2820.000	0.130
Sumatoria de Volúmenes			0.355

5. VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS	
Volumen Absoluto de Agregados (m3)	0.640

6. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m3)	Peso Específico (kg/m3)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.130	2820	367.120
Ag. Grueso	0.308	-	855.423
Ag. Fino	0.332	2478.991597	821.877
Aire	0.020	-	-

7. CORRECCIÓN POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	
HUMEDAD	
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	857.542
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	823.296
ABSORCIÓN	
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-2.829
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-12.511
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	220.34

8. DISEÑO FINAL PARA 1 M3	
Cemento (kg)	367.120
Ag Fino (kg)	823.296
Ag Grueso (kg)	857.542
Agua (kg)	220.339
SUMATORIA	2268.298

10. PROPORCIONES	
Cemento	1
Agregado Fino	1.45

Agregado Grueso	2.29
Agua	0.50
C : AF : AG : A	1 : 1.45 : 2.29 : 0.5

11. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento (bls)	8.64
Ag Fino (kg/bls)	95.29
Ag Grueso (kg/bls)	99.25
Agua (l/bls)	25.50
C : AF : AG : A	8.64 : 95.29 : 99.25 : 25.5

CÁLCULO PARA VACIADO	
1. VOLUMEN DE PROBETA	
Diámetro (m)	0.15
Altura (m)	0.30
Volumen (m ³)	0.0053
2. VOLUMEN TOTAL A VACIAR	
# de probetas	8
Desperdicio (10 %)	0.0042
Volumen Total (m ³)	0.0467
3. DOSIFICACIÓN	
Cemento (kg)	17.13
Ag Fino (kg)	29.76
Ag Grueso (kg)	46.96
Agua (L)	10.17

c) Diseño para resistencia de 280 kg/cm²

Tabla 3.41 Diseño de Resistencia de 280 kg/cm², por Método de Máxima Compacidad

DISEÑO DE MEZCLAS		
DATOS DEL AGREGADO FINO		
MÓDULO DE FINEZA	2.5592	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2478.9916	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.1727	%
ABSORCIÓN	1.6949	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1502.4036	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1658.7299	kg/m ³
datos del agregado grueso		

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS	2772.9745	kg/m3
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.2477	%
ABSORCIÓN	0.5783	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO	1458.2132	kg/m3
PESO UNITARIO SECO COMPACTO	1558.9660	kg/m3
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)	3/4	

datos de diseño			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	f 'c =	280	kg/cm2
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	f'cr =	364	kg/cm2
SLUMP O ASENTAMIENTO		3 a 4	pulgadas
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		2820	kg/m3
PESO UNITARIO DEL CEMENTO TIPO I		1500.87	kg/m3
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA		1000	kg/m3
INCORPORAR AIRE	SI - NO	no	
TIPO DE EXPOSICIÓN (SOLO SI SE INCORPORA AIRE)	severa- modera- suave		moderada

CÁLCULO	
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI	
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)	
Contenido de agua (lts/m3)	205
Peso Específico del Agua (kg/m3)	1000
Volumen absoluto de agua (m3)	0.205

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO	
A/C	0.466

3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA	
Contenido de cemento (kg)	439.914
Volumen de cemento (m3)	0.156
Volumen de agua (m3)	0.205

4. SUMATORIA VOLÚMENES SIN EL AGREGADOS			
	Peso Seco	Peso Específico	Volumen (m3)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.020
Cemento	439.91	2820.000	0.156
	Sumatoria de Volúmenes		0.381

5. VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS

Volumen Absoluto de Agregados (m3)	0.620
------------------------------------	-------

6. CALCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m3)	Peso Específico (kg/m3)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.156	2820	439.914
Ag. Grueso	0.299	-	827.781
Ag. Fino	0.321	2478.991597	795.319
Aire	0.020	-	-

7. CORRECCIÓN POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD	
HUMEDAD	
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	829.831
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	796.693
ABSORCIÓN	
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-2.737
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-12.106
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	219.84

8. DISEÑO FINAL PARA 1 M3	
Cemento (kg)	439.914
Ag Fino (kg)	796.693
Ag Grueso (kg)	829.831
Agua (kg)	219.843
SUMATORIA	2286.281

10. PROPORCIONES	
Cemento	1
Agregado Fino	1.45
Agregado Grueso	2.29
Agua	0.50
C : AF : AG : A	1 : 1.45 : 2.29 : 0.5

11. DOSIFICACIÓN POR BOLSA DE CEMENTO	
Cemento (bls)	10.35
Ag Fino (kg/bls)	76.98
Ag Grueso (kg/bls)	80.18
Agua (l/bls)	21.24
C : AF : AG : A	10.35 : 76.98 : 80.18 : 21.24

CÁLCULO PARA VACIADO	
1. VOLUMEN DE PROBETA	
Diámetro (m)	0.15
Altura (m)	0.30

Volumen (m ³)	0.0053
2. VOLUMEN TOTAL A VACIAR	
# de probetas	8
Desperdicio (10 %)	0.0042
Volumen Total (m ³)	0.0467
3. DOSIFICACIÓN	
Cemento (kg)	20.52
Ag Fino (kg)	29.76
Ag Grueso (kg)	46.96
Agua (L)	10.17



3.3.4. TABLAS RESUMEN DE DISEÑOS DE MEZCLAS

Tabla 3.42 Tabla Resumen de los Diseños de Mezclas

ACI 211	MATERIALES		DOSIFICACIONES		
			175 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2
	DOSIFICA- CIÓN	Cemento (kg)		1	1
Ag. Fino (kg)		2.26	1.91	1.45	
Ag. Grueso (kg)		3.08	2.74	2.29	
Agua (kg)		0.67	0.6	0.5	
C : AF : AG : A		1 : 2.26 : 3.08 : 0.67	1 : 1.91 : 2.74 : 0.6	1 : 1.45 : 2.29 : 0.5	
DOSIFICA- CIÓN (kg)	Cemento (kg)		326.43	367.12	439.91
	Ag. Fino (kg)		737.88	702.05	637.95
	Ag. Grueso (kg)		1006.58	1006.58	1006.58
	Agua (kg)		219.54	219.00	218.02
	SUMATORIA		2290.44	2294.75	2302.47
PESO DE ADITIVOS POR M ³ (kg)	Fume (%)	5	16.32	18.36	22.00
		10	32.64	36.71	43.99
		15	48.96	55.07	65.99
	EUCON AWA (l/100kg)	0.65	2.61	2.94	3.52
		1.37	5.50	6.19	7.41
		2.10	8.43	9.48	11.36

ACI 211	ADITIVO	SUPERPLASTIFICANTE (LTS)			
	Fume (%)	5	9.79	11.01	13.20
		10	10.45	11.75	14.08
		15	11.43	12.85	15.40
	EUCON AWA (l/100kg)	0.65	8.16	9.18	11.00
		1.37	8.81	9.91	11.88
		2.10	9.79	11.01	13.20

MÁX. COMP.	MATERIALES		DOSIFICACIONES		
			175 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2
	DOSIFICACIÓN	Cemento (kg)		1	1
Ag. Fino (kg)			2.60	2.24	1.81
Ag. Grueso (kg)			2.71	2.34	1.89
Agua (kg)			0.68	0.60	0.5
C : AF : AG : A			1 : 2.60 : 2.71 : 0.68	1 : 2.24 : 2.34 : 0.6	1 : 1.81 : 1.89 : 0.5
DOSIFICACIÓN (kg)	Cemento (kg)		326.43	367.12	439.91
	Ag. Fino (kg)		848.10	823.30	796.69
	Ag. Grueso (kg)		883.38	857.54	829.83
	Agua (kg)		220.80	220.34	219.84
	SUMATORIA		2278.71	2268.30	2286.28
PESO DE ADITIVOS POR M ³ (kg)	Fume (%)	5	16.32	18.36	22.00
		10	32.64	36.71	43.99
		15	48.96	55.07	65.99
	EUCON AWA (l/100kg)	0.65	2.61	2.94	3.52
		1.37	5.50	6.19	7.41
		2.10	8.43	9.48	11.36

MÁX. COMP.	ADITIVO		SUPERPLASTIFICANTE (LTS)		
	Fume (%)	5	8.16	9.18	11.00
10		8.81	9.91	11.88	
15		9.79	11.01	13.20	
EUCON AWA (l/100kg)		0.65	6.53	7.34	8.80
		1.37	7.18	8.08	9.68
		2.10	8.16	9.18	11.00

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ESTADO FRESCO Y ENDURECIDO

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se revisarán los resultados obtenidos producto de los diseños de mezclas calculados en el capítulo 3.

Se obtendrán resultados de concretos obtenidos en condiciones controladas de laboratorio en estado fresco y estado endurecido, que nos permitirá conocer el comportamiento de estos, en los que se hizo uso de aditivos que dan propiedades cohesivas al concreto.

Se analizarán los resultados haciendo comparativas entre concretos en las calidades de 175 kg/cm², 210 kg/cm², 280 kg/cm²; distintas clases y dosificaciones de aditivos, habiendo escogido las marcas de Sika y Eucon para obtener su resistencia al agua; dos métodos diferentes de diseño: por el código ACI 211 y el método de máxima compacidad; así como su evolución en el tiempo.

Finalmente tendremos conocimientos de cómo se comportan estos concretos antideslave y así poder optimizar su uso.

4.2. SECUENCIA DE LOS ENSAYOS.

El cronograma para hacer las pruebas de concreto con el uso de los diseños ACI y de máxima compacidad se detalla en el siguiente cuadro, los ensayos en estado fresco de medición del slump y el de pérdida de finos se realizaron en las fechas de vaciado, mientras que el ensayo de resistencia a la compresión se realizaron a los 3, 7, 14 y 28 días después de vaciados.

Los ensayos bajo la nomenclatura de línea base fueron las muestras de concreto que no usaron ninguna clase de aditivo en su composición de tal

forma que serán la base para comparar las características de los concretos antideslave.

La cantidad de roturas a cada edad para ser representativo deberá de ser un mínimo de 3.

Teniendo en cuenta la nomenclatura para las dosificaciones del aditivo de Eucon AWA.

Tabla 4.1 Dosificaciones de Eucon AWA

NOMENCLATURA	DOSIFICACIÓN
EA (E1*)	0.65 l/ 100kg de cemento
EA (E2**)	1.37 l/ 100kg de cemento
EA (E3***)	2.10 l/ 100kg de cemento

Tabla 4.2 Secuencia y Fecha de Ensayos

DISEÑO	MARCA	% DE ADITIVO	DISEÑO (kg/cm ²)	N° PROBETAS	VACIADO	3 DÍAS	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	
ACI 211	LÍNEA BASE	-	175	20	21/12/2015	24/12/2015	28/12/2015	04/01/2016	18/01/2016	
			210	20	21/12/2015	24/12/2015	28/12/2015	04/01/2016	18/01/2016	
			280	20	21/12/2015	24/12/2015	28/12/2015	04/01/2016	18/01/2016	
	SIKA FUME	5.00%	175	20	28/12/2015	31/12/2015	04/01/2016	11/01/2016	25/01/2016	
			210	20	28/12/2015	31/12/2015	04/01/2016	11/01/2016	25/01/2016	
			280	20	28/12/2015	31/12/2015	04/01/2016	11/01/2016	25/01/2016	
		10.00%	175	20	29/12/2015	01/01/2016	05/01/2016	12/01/2016	26/01/2016	
			210	20	29/12/2015	01/01/2016	05/01/2016	12/01/2016	26/01/2016	
			280	20	29/12/2015	01/01/2016	05/01/2016	12/01/2016	26/01/2016	
		15.00%	175	20	04/01/2016	07/01/2016	11/01/2016	18/01/2016	01/02/2016	
			210	20	04/01/2016	07/01/2016	11/01/2016	18/01/2016	01/02/2016	
			280	20	04/01/2016	07/01/2016	11/01/2016	18/01/2016	01/02/2016	
	EUCA AWA	EA (E1*)	175	20	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016	19/01/2016	02/02/2016	
			210	20	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016	19/01/2016	02/02/2016	
			280	20	05/01/2016	08/01/2016	12/01/2016	19/01/2016	02/02/2016	
		EA (E2**)	175	20	06/01/2016	09/01/2016	13/01/2016	20/01/2016	03/02/2016	
			210	20	06/01/2016	09/01/2016	13/01/2016	20/01/2016	03/02/2016	
			280	20	06/01/2016	09/01/2016	13/01/2016	20/01/2016	03/02/2016	
		EA (E3***)	175	20	08/01/2016	11/01/2016	15/01/2016	22/01/2016	05/02/2016	
			210	20	08/01/2016	11/01/2016	15/01/2016	22/01/2016	05/02/2016	
			280	20	08/01/2016	11/01/2016	15/01/2016	22/01/2016	05/02/2016	
	MÁX. COMP.	LÍNEA BASE	-	175	20	11/01/2016	14/01/2016	18/01/2016	25/01/2016	08/02/2016
				210	20	11/01/2016	14/01/2016	18/01/2016	25/01/2016	08/02/2016
				280	20	11/01/2016	14/01/2016	18/01/2016	25/01/2016	08/02/2016
		5.00%	175	20	12/01/2016	15/01/2016	19/01/2016	26/01/2016	09/02/2016	

DISEÑO	MARCA	% DE ADITIVO	DISEÑO (kg/cm ²)	N° PROBETAS	VACIADO	3 DÍAS	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
	SIKA FUME		210	20	12/01/2016	15/01/2016	19/01/2016	26/01/2016	09/02/2016
			280	20	12/01/2016	15/01/2016	19/01/2016	26/01/2016	09/02/2016
			175	20	13/01/2016	16/01/2016	20/01/2016	27/01/2016	10/02/2016
		10.00%	210	20	13/01/2016	16/01/2016	20/01/2016	27/01/2016	10/02/2016
		280	20	13/01/2016	16/01/2016	20/01/2016	27/01/2016	10/02/2016	
		15.00%	175	20	15/01/2016	18/01/2016	22/01/2016	29/01/2016	12/02/2016
		210	20	15/01/2016	18/01/2016	22/01/2016	29/01/2016	12/02/2016	
		280	20	15/01/2016	18/01/2016	22/01/2016	29/01/2016	12/02/2016	
		EUCA AWA	EA (E1*)	175	20	16/01/2016	19/01/2016	23/01/2016	30/01/2016
	210			20	16/01/2016	19/01/2016	23/01/2016	30/01/2016	13/02/2016
	280			20	16/01/2016	19/01/2016	23/01/2016	30/01/2016	13/02/2016
	EA (E2**)		175	20	18/01/2016	21/01/2016	25/01/2016	01/02/2016	15/02/2016
			210	20	18/01/2016	21/01/2016	25/01/2016	01/02/2016	15/02/2016
			280	20	18/01/2016	21/01/2016	25/01/2016	01/02/2016	15/02/2016
	EA (E3***)		175	20	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	02/02/2016	16/02/2016
			210	20	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	02/02/2016	16/02/2016
			280	20	19/01/2016	22/01/2016	26/01/2016	02/02/2016	16/02/2016

4.3. RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

4.3.1. RESULTADOS EN ESTADO FRESCO.

Se mostrarán los resultados de los ensayos obtenidos a partir de la mezcla antes de entrar en estado de fragua, tanto de la medida del slump como del cálculo de la pérdida de finos.

Tabla 4.3 Resultados de Porcentaje de Lavado de Finos y del Slump Flow por el Método ACI

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Slump Flow (mm)	PÉRDIDA DE FINOS				
				Peso Molde	Mi	Mf	% Lavado	Promedio Lavado
ACI 211	175	-	331	2641.5	4642	4391	12.55	12.35
				2641.5	4628	4385	12.23	
				2641.5	4631	4387	12.26	
		SF (5%)	324	2641.5	4665	4479	9.19	8.76
				2641.5	4654	4482	8.55	
				2641.5	4655	4483	8.54	
		SF (10%)	318	2641.5	4639	4508	6.56	6.26
				2641.5	4651	4530	6.02	

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Slump Flow (mm)	PÉRDIDA DE FINOS						
				Peso Molde	Mi	Mf	% Lavado	Promedio Lavado		
		SF (15%)	313	2641.5	4641	4517	6.20	4.36		
				2641.5	4656	4568	4.37			
				2641.5	4641	4552	4.45			
		EA (E1*)	325	2641.5	4637	4552	4.26	7.14		
				2641.5	4662	4520	7.03			
				2641.5	4648	4504	7.18			
		EA (E2**)	320	2641.5	4663	4517	7.22	5.08		
				2641.5	4655	4550	5.21			
				2641.5	4639	4537	5.11			
		EA (E3***)	315	2641.5	4649	4550	4.93	3.18		
				2641.5	4637	4581	2.81			
				2641.5	4635	4570	3.26			
		ACI 211	210	-	335	2641.5	4643	4401	12.09	12.17
						2641.5	4644	4403	12.03	
						2641.5	4642	4394	12.40	
SF (5%)	323			2641.5	4654	4478	8.75	8.57		
				2641.5	4650	4481	8.41			
SF (10%)	318			2641.5	4655	4483	8.54	6.22		
				2641.5	4651	4521	6.47			
SF (15%)	311			2641.5	4657	4529	6.35	4.29		
				2641.5	4658	4540	5.85			
				2641.5	4641	4555	4.30			
EA (E1*)	321			2641.5	4664	4576	4.35	7.08		
				2641.5	4663	4578	4.20			
				2641.5	4648	4504	7.18			
EA (E2**)	318			2641.5	4652	4510	7.06	5.01		
				2641.5	4655	4514	7.00			
		2641.5	4655	4535	5.21					
EA (E3***)	315	2641.5	4639	4544	4.80	3.25				
		2641.5	4640	4544	4.80					
		2641.5	4656	4555	5.01					
			315	2641.5	4635	4568	3.36	3.25		
				2641.5	4635	4582	3.14			
				2641.5	4654	4589	3.23			
ACI 211	280	-	330	2641.5	4659	4412	12.24	12.02		
				2641.5	4657	4416	11.96			
				2641.5	4640	4403	11.86			
		SF (5%)	319	2641.5	4655	4490	8.19	8.48		
				2641.5	4640	4466	8.71			
		SF (10%)	316	2641.5	4664	4491	8.55	6.16		
				2641.5	4641	4515	6.30			
2641.5	4659	4535	6.15							

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Slump Flow (mm)	PÉRDIDA DE FINOS						
				Peso Molde	Mi	Mf	% Lavado	Promedio Lavado		
		SF (15%)	311	2641.5	4646	4525	6.04	4.19		
				2641.5	4637	4554	4.16			
				2641.5	4648	4561	4.34			
		EA (E1*)	322	2641.5	4659	4577	4.06	7.03		
				2641.5	4663	4521	7.02			
				2641.5	4660	4518	7.03			
		EA (E2**)	319	2641.5	4664	4522	7.02	4.94		
				2641.5	4649	4550	4.93			
				2641.5	4641	4541	5.00			
		EA (E3***)	314	2641.5	4649	4551	4.88	3.17		
				2641.5	4664	4596	3.36			
				2641.5	4637	4575	3.11			
						2641.5	4647	4586	3.04	

Tabla 4.4 Resultados del Porcentaje de Lavado de Finos y Slump Flow por el Método de Máxima Compacidad

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Slump Flow (mm)	PÉRDIDA DE FINOS				
				Peso Molde	Mi	Mf	% Lavado	Promedio Lavado
MÁX. COMP.	175	-	333	2641.5	4637	4374	13.18	14.23
				2641.5	4665	4355	15.32	
				2641.5	4651	4366	14.18	
		SF (5%)	324	2641.5	4644	4442	10.09	9.81
				2641.5	4656	4458	9.83	
		SF (10%)	321	2641.5	4640	4450	9.51	7.66
				2641.5	4665	4513	7.51	
				2641.5	4651	4497	7.66	
		SF (15%)	316	2641.5	4653	4496	7.81	6.07
				2641.5	4642	4521	6.05	
				2641.5	4650	4528	6.07	
		EA (E1*)	328	2641.5	4643	4521	6.10	8.68
				2641.5	4651	4479	8.56	
				2641.5	4644	4471	8.64	
		EA (E2**)	323	2641.5	4652	4474	8.85	7.29
				2641.5	4646	4503	7.13	
				2641.5	4650	4504	7.27	
		EA (E3***)	319	2641.5	4661	4510	7.48	5.59
				2641.5	4637	4527	5.51	
				2641.5	4649	4538	5.53	
						2641.5	4648	4533
	210	-	337	2641.5	4665	4375	14.33	14.04

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Slump Flow (mm)	PÉRDIDA DE FINOS				
				Peso Molde	Mi	Mf	% Lavado	Promedio Lavado
MÁX. COMP.				2641.5	4654	4378	13.71	
				2641.5	4652	4369	14.08	
		SF (5%)	327	2641.5	4656	4462	9.63	9.72
				2641.5	4645	4450	9.73	
		SF (10%)	321	2641.5	4640	4444	9.81	7.61
				2641.5	4651	4498	7.61	
				2641.5	4655	4500	7.70	
		SF (15%)	313	2641.5	4647	4496	7.53	6.01
				2641.5	4650	4531	5.92	
				2641.5	4646	4526	5.99	
		EA (E1*)	324	2641.5	4648	4525	6.13	8.63
				2641.5	4644	4471	8.64	
				2641.5	4661	4485	8.72	
		EA (E2**)	321	2641.5	4656	4484	8.54	7.19
				2641.5	4650	4505	7.22	
				2641.5	4635	4493	7.12	
		EA (E3***)	317	2641.5	4665	4519	7.22	5.44
				2641.5	4649	4537	5.58	
2641.5	4650			4544	5.28			
MÁX. COMP.	280	-	332	2641.5	4641	4532	5.45	13.65
				2641.5	4651	4365	14.23	
				2641.5	4663	4392	13.41	
		SF (5%)	323	2641.5	4640	4374	13.31	9.64
				2641.5	4640	4447	9.66	
				2641.5	4654	4458	9.74	
		SF (10%)	322	2641.5	4644	4453	9.54	7.48
				2641.5	4653	4501	7.56	
				2641.5	4646	4498	7.38	
		SF (15%)	314	2641.5	4645	4495	7.49	5.91
				2641.5	4643	4527	5.80	
				2641.5	4656	4535	6.01	
		EA (E1*)	324	2641.5	4637	4519	5.91	8.49
				2641.5	4652	4480	8.56	
				2641.5	4663	4494	8.36	
		EA (E2**)	322	2641.5	4639	4468	8.56	7.12
				2641.5	4661	4515	7.23	
				2641.5	4657	4514	7.10	
EA (E3***)	317	2641.5	4656	4514	7.05	5.39		
		2641.5	4648	4540	5.38			
		2641.5	4650	4543	5.33			
				2641.5	4651	4541	5.47	

4.3.2. RESULTADOS EN ESTADO ENDURECIDO

4.3.2.1. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS DEL ACI 211.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de los ensayos en estado endurecido, resistencias a compresión, a diferentes edades y de acuerdo a la cantidad y tipo de aditivo añadido, así mismo el porcentaje de la resistencia a la que fue diseñada, según el método indicado en el ACI 211.

Tabla 4.5 *Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión por el Método ACI 211*

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
ACI 211	175	-	3	10.60	10.60	10.60	88.247	4589	52.002
				10.80	10.60	10.70	89.920	3258	36.232
				10.85	10.80	10.83	92.033	4320	46.939
				10.80	11.00	10.90	93.313	7110	76.195
				10.80	10.75	10.78	91.185	6790	74.464
				10.70	10.70	10.70	89.920	7490	83.296
				10.80	10.65	10.73	90.341	7370	81.580
				10.70	10.80	10.75	90.763	6850	75.472
			7	10.75	10.65	10.7	89.920	7650	85.075
				10.80	10.75	10.78	91.185	6850	75.122
				10.70	10.80	10.75	90.763	7190	79.218
				10.80	10.90	10.85	92.459	10790	116.700
				10.60	10.90	10.75	90.763	10560	116.348
				10.60	10.80	10.70	89.920	10780	119.884
				10.70	10.65	10.68	89.501	10450	116.759
				10.55	10.60	10.58	87.832	10580	120.458
			14	10.75	10.8	10.775	91.185	9830	107.803
				10.65	10.7	10.675	89.501	9610	107.374
				10.65	10.70	10.68	89.501	8160	91.173
				10.65	10.50	10.58	87.832	12420	141.407
				10.70	10.50	10.60	88.247	12650	143.347
				10.50	10.60	10.55	87.417	12210	139.676
				10.55	10.60	10.58	87.832	12420	141.407
				10.55	10.70	10.63	88.664	12630	142.448
28	10.8	10.75	10.775	91.185	10590	116.1372			

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.80	10.00	10.40	84.949	5860	68.983
				10.70	10.80	10.75	90.763	11320	124.721
				10.50	10.75	10.63	88.664	13940	157.223
				10.60	10.65	10.63	88.664	14560	164.215
				10.80	10.55	10.68	89.501	13970	156.088
				10.85	10.75	10.80	91.609	14180	154.789
				10.80	10.80	10.80	91.609	14170	154.679
ACI 211	175	SF (5%)	3	10.70	10.8	10.75	90.762575	4650	51.233
				10.60	10.80	10.70	89.920	7810	86.855
				10.65	10.55	10.60	88.247	8160	92.467
				10.70	10.60	10.65	89.082	8240	92.499
				10.65	10.60	10.63	88.664	8090	91.243
				10.70	10.80	10.75	90.763	7870	86.710
			7	10.7	10.75	10.725	90.340915	7550	83.572
				10.60	10.70	10.65	89.082	12040	135.157
				10.80	10.50	10.65	89.082	12320	138.300
				10.80	10.90	10.85	92.459	12210	132.058
				10.60	10.90	10.75	90.763	12300	135.518
				10.55	10.60	10.58	87.832	12120	137.991
			14	10.8	10.7	10.75	90.762575	9870	108.745
				10.65	10.50	10.58	87.832	14010	159.510
				10.70	10.50	10.60	88.247	14970	169.637
				10.50	10.60	10.55	87.417	14120	161.525
				10.55	10.60	10.58	87.832	14850	169.074
				10.55	10.70	10.63	88.664	14040	158.350
			28	10.75	10.65	10.7	89.920236	11590	128.892
				10.50	10.75	10.63	88.664	16080	181.359
				10.60	10.65	10.63	88.664	16210	182.825
10.80	10.55	10.68		89.501	16390	183.127			
10.85	10.75	10.80		91.609	16760	182.952			
10.80	10.80	10.80		91.609	16330	178.258			
ACI 211	175	SF (10%)	3	10.60	10.60	10.60	88.247	8610	97.567
				10.70	10.60	10.65	89.082	8200	92.050
				10.65	10.70	10.68	89.501	8290	92.625
				10.80	10.55	10.68	89.501	8920	99.664
				10.55	10.65	10.60	88.247	8300	94.054
			7	10.70	10.70	10.70	89.920	13710	152.468
				10.60	10.50	10.55	87.417	12310	140.820

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)			
				10.65	10.55	10.60	88.247	13190	149.466			
				10.70	10.55	10.63	88.664	12480	140.756			
				10.80	10.50	10.65	89.082	12290	137.963			
			14	10.80	10.60	10.70	89.920	15340	170.596			
				10.65	10.80	10.73	90.341	15570	172.347			
				10.80	10.65	10.73	90.341	15060	166.702			
				10.55	10.80	10.68	89.501	15290	170.837			
				10.70	10.55	10.63	88.664	15730	177.411			
			28	10.50	10.70	10.60	88.247	16720	189.467			
				10.55	10.60	10.58	87.832	17230	196.171			
				10.55	10.60	10.58	87.832	16870	192.072			
				10.50	10.70	10.60	88.247	17220	195.133			
				10.60	10.55	10.58	87.832	17050	194.122			
			ACI 211	175	SF (15%)	3	10.50	10.70	10.60	88.247	9350	105.952
							10.60	10.60	10.60	88.247	8940	101.306
10.55	10.80	10.68					89.501	9890	110.502			
10.65	10.80	10.73					90.341	9510	105.268			
10.85	10.60	10.73					90.341	9090	100.619			
7	10.60	10.55				10.58	87.832	13970	159.054			
	10.75	10.65				10.70	89.920	13910	154.693			
	10.65	10.70				10.68	89.501	14580	162.904			
	10.60	10.50				10.55	87.417	13390	153.174			
	10.70	10.55				10.63	88.664	13650	153.952			
14	10.85	10.55				10.70	89.920	16700	185.720			
	10.75	10.50				10.63	88.664	16560	186.772			
	10.70	10.60				10.65	89.082	16710	187.580			
	10.80	10.80				10.80	91.609	16980	185.353			
	10.80	10.85				10.83	92.033	16750	181.999			
28	10.65	10.80				10.73	90.341	18460	204.337			
	10.60	10.80				10.70	89.920	19140	212.855			
	10.70	10.70				10.70	89.920	18710	208.073			
	10.65	10.60	10.63	88.664	18870	212.826						
	10.70	10.80	10.75	90.763	18150	199.972						
ACI 211	175	EA (E1*)	3	10.80	10.70	10.75	90.763	7910	87.150			
				10.70	10.75	10.73	90.341	7620	84.347			
				10.80	10.80	10.80	91.609	8350	91.148			
				10.70	10.60	10.65	89.082	8220	92.275			
				10.80	10.55	10.68	89.501	7640	85.363			

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
			7	10.60	10.70	10.65	89.082	12200	136.953
				10.60	10.75	10.68	89.501	11920	133.184
				10.70	10.90	10.80	91.609	12590	137.432
				10.55	10.65	10.60	88.247	11450	129.749
				10.65	10.60	10.63	88.664	11100	125.192
			14	10.70	10.60	10.65	89.082	14090	158.169
				10.50	10.80	10.65	89.082	14620	164.119
				10.55	10.60	10.58	87.832	13610	154.956
				10.55	10.70	10.63	88.664	13790	155.531
				10.50	10.65	10.58	87.832	14310	162.925
			28	10.60	10.70	10.65	89.082	15240	171.079
				10.80	10.50	10.65	89.082	16490	185.111
				10.85	10.55	10.70	89.920	15580	173.265
				10.80	10.65	10.73	90.341	16810	186.073
				10.65	10.60	10.63	88.664	15110	170.418
ACI 211	175	EA (E2**)	3	10.60	10.55	10.58	87.832	8300	94.499
				10.70	10.70	10.70	89.920	8020	89.190
				10.65	10.60	10.63	88.664	8830	99.589
				10.70	10.75	10.73	90.341	8610	95.306
				10.60	10.70	10.65	89.082	8030	90.142
			7	10.80	10.80	10.80	91.609	12930	141.144
				10.80	10.80	10.80	91.609	12110	132.192
				10.60	10.85	10.73	90.341	12820	141.907
				10.55	10.75	10.65	89.082	12300	138.075
				10.65	10.70	10.68	89.501	12990	145.139
			14	10.70	10.80	10.75	90.763	14500	159.757
				10.50	10.50	10.50	86.590	14800	170.920
				10.55	10.60	10.58	87.832	14910	169.757
				10.55	10.55	10.55	87.417	14890	170.333
				10.50	10.65	10.58	87.832	14800	168.504
			28	10.60	10.85	10.73	90.341	16560	183.306
				10.80	10.60	10.70	89.920	17230	191.614
10.85	10.75	10.80		91.609	16610	181.314			
10.80	10.65	10.73		90.341	16420	181.756			
10.80	10.60	10.70		89.920	16430	182.717			
ACI 211	175	EA (E3***)	3	10.60	10.75	10.68	89.501	8600	96.089
				10.55	10.90	10.73	90.341	8240	91.210
				10.70	10.65	10.68	89.501	9100	101.675

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.75	10.60	10.68	89.501	8910	99.552
				10.90	10.60	10.75	90.763	8360	92.108
			7	10.65	10.80	10.73	90.341	13670	151.316
				10.60	10.60	10.60	88.247	12340	139.834
				10.60	10.70	10.65	89.082	13430	150.760
				10.80	10.65	10.73	90.341	12510	138.475
				10.60	10.70	10.65	89.082	12960	145.484
			14	10.70	10.50	10.60	88.247	15500	175.643
				10.65	10.55	10.60	88.247	15360	174.056
				10.70	10.65	10.68	89.501	14760	164.915
				10.50	10.60	10.55	87.417	15760	180.286
				10.55	10.80	10.68	89.501	15090	168.602
			28	10.65	10.60	10.63	88.664	17290	195.006
				10.60	10.70	10.65	89.082	17140	192.407
				10.80	10.50	10.65	89.082	16870	189.376
				10.60	10.55	10.58	87.832	17540	199.700
				10.70	10.65	10.68	89.501	17220	192.401
			ACI 211	210	-	3	10.65	10.70	10.68
10.75	10.65	10.70					89.920	4930	54.826
10.65	10.70	10.68					89.501	3220	35.977
10.65	10.70	10.68					89.501	8500	94.971
10.75	10.65	10.70					89.920	8440	93.861
10.65	10.65	10.65					89.082	8590	96.428
10.55	10.60	10.58					87.832	8480	96.548
10.70	10.60	10.65					89.082	8450	94.857
7	10.65	10.65				10.65	89.082	7590	85.203
	10.65	10.60				10.63	88.664	6820	76.920
	10.75	10.60				10.68	89.501	9700	108.379
	10.90	10.80				10.85	92.459	13770	148.931
	10.70	10.65				10.68	89.501	12800	143.016
	10.60	10.80				10.70	89.920	12690	141.125
	10.70	10.70				10.70	89.920	12780	142.126
14	10.60	10.60				10.60	88.247	12600	142.781
	10.60	10.60				10.60	88.247	10940	123.970
	10.80	10.70				10.75	90.763	9820	108.194
	10.60	10.50				10.55	87.417	7540	86.253
	10.65	10.55				10.60	88.247	15010	170.090
			10.75	10.70	10.73	90.341	15330	169.691	

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.60	10.85	10.73	90.341	15860	175.557
				10.60	10.60	10.60	88.247	15520	175.869
				10.55	10.65	10.60	88.247	14910	168.957
			28	10.85	10.80	10.83	92.033	8650	93.988
				10.70	10.70	10.70	89.920	7890	87.744
				10.60	10.60	10.60	88.247	8960	101.533
				10.70	10.75	10.73	90.341	17090	189.172
				10.60	10.70	10.65	89.082	16970	190.499
				10.75	10.50	10.63	88.664	17260	194.667
				10.70	10.80	10.75	90.763	17290	190.497
				10.80	10.60	10.70	89.920	17260	191.948
ACI 211	210	SF (5%)	3	10.87	10.65	10.76	90.931514	4120	45.309
				10.80	10.70	10.75	90.763	9719	107.082
				10.70	10.65	10.68	89.501	9721	108.614
				10.60	10.60	10.60	88.247	9890	112.071
				10.80	10.65	10.73	90.341	9722	107.615
				10.70	10.55	10.63	88.664	9714	109.560
			7	10.80	10.70	10.75	90.762575	6590	72.607
				10.60	10.65	10.63	88.664	15140	170.757
				10.50	10.50	10.50	86.590	14340	165.608
				10.70	10.70	10.70	89.920	14810	164.702
				10.60	10.75	10.68	89.501	15140	169.161
				10.65	10.75	10.70	89.920	14590	162.255
			14	10.70	10.70	10.70	89.92	9640	107.206
				10.55	10.80	10.68	89.501	17300	193.295
				10.70	10.65	10.68	89.501	17350	193.854
				10.60	10.55	10.58	87.832	18490	210.517
				10.70	10.65	10.68	89.501	17290	193.183
				10.75	10.60	10.68	89.501	17330	193.630
			28	10.75	10.70	10.725	90.340915	12970	143.567
				10.80	10.65	10.73	90.341	19900	220.277
				10.60	10.70	10.65	89.082	19680	220.920
10.55	10.70	10.63		88.664	19570	220.721			
10.70	10.70	10.70		89.920	19510	216.970			
10.75	10.70	10.73		90.341	19690	217.952			
ACI 211	210	SF (10%)	3	10.70	10.50	10.60	88.247	10370	117.511
				10.80	10.60	10.70	89.920	10560	117.437
				10.55	10.80	10.68	89.501	10380	115.977

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.55	10.60	10.58	87.832	10120	115.221
				10.50	10.55	10.53	87.003	9930	114.134
			7	10.60	10.65	10.63	88.664	16250	183.276
				10.80	10.70	10.75	90.763	15920	175.403
				10.85	10.60	10.73	90.341	15820	175.114
				10.80	10.55	10.68	89.501	15910	177.764
				10.80	10.65	10.73	90.341	15230	168.584
			14	10.70	10.70	10.70	89.920	18500	205.738
				10.60	10.50	10.55	87.417	18210	208.312
				10.80	10.60	10.70	89.920	19520	217.081
				10.70	10.70	10.70	89.920	18550	206.294
				10.60	10.65	10.63	88.664	18100	204.141
			28	10.80	10.70	10.75	90.763	20340	224.101
				10.80	10.60	10.70	89.920	20410	226.979
				10.70	10.80	10.75	90.763	21080	232.254
				10.55	10.80	10.68	89.501	21710	242.568
				10.60	10.60	10.60	88.247	21760	246.580
ACI 211	210	SF (15%)	3	10.70	10.65	10.68	89.501	11140	124.469
				10.50	10.60	10.55	87.417	11150	127.550
				10.55	10.80	10.68	89.501	11120	124.245
				10.55	10.60	10.58	87.832	11350	129.225
				10.50	10.70	10.60	88.247	11410	129.296
			7	10.60	10.50	10.55	87.417	18210	208.312
				10.80	10.55	10.68	89.501	16810	187.820
				10.85	10.65	10.75	90.763	16820	185.319
				10.80	10.80	10.80	91.609	16950	185.026
				10.80	10.80	10.80	91.609	16990	185.462
			14	10.70	10.65	10.68	89.501	19210	214.636
				10.60	10.60	10.60	88.247	20730	234.908
				10.80	10.70	10.75	90.763	20930	230.602
				10.70	10.65	10.68	89.501	19980	223.239
				10.60	10.70	10.65	89.082	19890	223.278
			28	10.70	10.60	10.65	89.082	22690	254.710
				10.70	10.80	10.75	90.763	22170	244.264
10.60	10.80	10.70		89.920	22380	248.887			
10.65	10.60	10.63		88.664	22990	259.293			
10.55	10.55	10.55		87.417	22760	260.362			
ACI 211	210	EA (E1*)	3	10.60	10.60	10.60	88.247	9560	108.332

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.70	10.80	10.75	90.763	9400	103.567
				10.55	10.70	10.63	88.664	9680	109.176
				10.65	10.60	10.63	88.664	9430	106.356
				10.70	10.50	10.60	88.247	9420	106.745
			7	10.50	10.70	10.60	88.247	14260	161.591
				10.55	10.60	10.58	87.832	13670	155.639
				10.55	10.65	10.60	88.247	13830	156.719
				10.50	10.55	10.53	87.003	14220	163.443
				10.60	10.70	10.65	89.082	14500	162.772
			14	10.80	10.60	10.70	89.920	16560	184.163
				10.85	10.70	10.78	91.185	17450	191.369
				10.80	10.75	10.78	91.185	17700	194.110
				10.65	10.80	10.73	90.341	17610	194.928
				10.75	10.60	10.68	89.501	16630	185.809
			28	10.65	10.55	10.60	88.247	19350	219.270
				10.55	10.70	10.63	88.664	19280	217.450
				10.70	10.75	10.73	90.341	19010	210.425
				10.90	10.90	10.90	93.313	19890	213.153
				10.70	10.65	10.68	89.501	19040	212.736
			ACI 211	210	EA (E2**)	3	10.60	10.60	10.60
10.80	10.70	10.75					90.763	9960	109.737
10.70	10.55	10.63					88.664	9870	111.319
10.60	10.65	10.63					88.664	10230	115.379
10.50	10.70	10.60					88.247	9920	112.411
7	10.70	10.50				10.60	88.247	15370	174.170
	10.60	10.55				10.58	87.832	15420	175.563
	10.65	10.55				10.60	88.247	14700	166.577
	10.55	10.50				10.53	87.003	14920	171.488
	10.70	10.60				10.65	89.082	15270	171.415
14	10.60	10.80				10.70	89.920	17910	199.177
	10.70	10.85				10.78	91.185	18530	203.213
	10.75	10.80				10.78	91.185	18250	200.142
	10.80	10.65				10.73	90.341	18320	202.787
	10.60	10.75				10.68	89.501	18210	203.462
28	10.55	10.65				10.60	88.247	20490	232.188
	10.70	10.55				10.63	88.664	20430	230.420
	10.75	10.70				10.73	90.341	20000	221.384
	10.90	10.90				10.90	93.313	20700	221.834

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.65	10.70	10.68	89.501	20310	226.926
ACI 211	210	EA (E3***)	3	10.65	10.70	10.68	89.501	10170	113.631
				10.60	10.50	10.55	87.417	10970	125.491
				10.80	10.55	10.68	89.501	10520	117.541
				10.60	10.55	10.58	87.832	10340	117.725
				10.70	10.50	10.60	88.247	9820	111.278
			7	10.50	10.60	10.55	87.417	16500	188.751
				10.55	10.80	10.68	89.501	15780	176.312
				10.65	10.85	10.75	90.763	15860	174.742
				10.80	10.80	10.80	91.609	15320	167.233
				10.80	10.80	10.80	91.609	15230	166.250
			14	10.65	10.70	10.68	89.501	18600	207.820
				10.60	10.60	10.60	88.247	18560	210.318
				10.70	10.80	10.75	90.763	19910	219.364
				10.65	10.70	10.68	89.501	18890	211.060
				10.70	10.60	10.65	89.082	18770	210.705
			28	10.60	10.50	10.55	87.417	20560	235.195
				10.80	10.70	10.75	90.763	20340	224.101
				10.80	10.60	10.70	89.920	21240	236.209
				10.60	10.65	10.63	88.664	20830	234.932
				10.55	10.55	10.55	87.417	21730	248.579
ACI 211	280	-	3	10.70	10.80	10.75	90.763	5960	65.666
				10.65	10.70	10.68	89.501	6380	71.284
				10.70	10.60	10.65	89.082	6180	69.374
				10.80	10.60	10.70	89.920	11600	129.003
				10.85	10.80	10.83	92.033	11750	127.671
				10.75	10.70	10.73	90.341	11300	125.082
				10.70	10.70	10.70	89.920	11620	129.226
				10.80	10.70	10.75	90.763	11720	129.128
			7	10.60	10.70	10.65	89.081823	12510	140.433
				10.70	10.80	10.75	90.763	11620	128.026
				10.60	10.75	10.68	89.501	9640	107.709
				10.50	10.60	10.55	87.417	17110	195.729
				10.60	10.55	10.58	87.832	17090	194.577
				10.55	10.80	10.68	89.501	17250	192.736
				10.65	10.70	10.68	89.501	17810	198.993
				10.85	10.65	10.75	90.763	17500	192.811
			14	10.75	10.80	10.775	91.185	12580	137.961

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.70	10.80	10.75	90.763	14530	160.088
				10.70	10.75	10.73	90.341	9860	109.142
				10.60	10.55	10.58	87.832	20610	234.654
				10.75	10.70	10.73	90.341	20350	225.258
				10.65	10.60	10.63	88.664	20190	227.713
				10.60	10.70	10.65	89.082	20940	235.065
				10.70	10.80	10.75	90.763	21270	234.348
			28	10.60	10.70	10.65	89.082	19870	223.053
				10.85	10.70	10.78	91.185	5410	59.330
				10.75	10.75	10.75	90.763	18760	206.693
				10.85	10.70	10.78	91.185	23940	262.543
				10.75	10.80	10.78	91.185	22940	251.576
				10.70	10.75	10.73	90.341	23550	260.679
				10.80	10.60	10.70	89.920	23030	256.116
10.80	10.70	10.75	90.763	23870	262.994				
ACI 211	280	SF (5%)	3	10.80	10.70	10.75	90.763	9750	107.423
				10.90	10.70	10.80	91.609	13810	150.750
				10.65	10.65	10.65	89.082	13550	152.107
				10.60	10.70	10.65	89.082	13240	148.627
				10.60	10.50	10.55	87.417	12820	146.654
				10.80	10.55	10.68	89.501	13370	149.385
			7	10.65	10.70	10.68	89.501	10570	118.100
				10.60	10.65	10.63	88.664	20200	227.826
				10.70	10.60	10.65	89.082	20260	227.431
				10.65	10.80	10.73	90.341	20180	223.376
				10.70	10.60	10.65	89.082	20260	227.431
				10.50	10.70	10.60	88.247	20110	227.882
			14	10.55	10.65	10.60	88.247	8740	99.040
				10.55	10.70	10.63	88.664	23700	267.301
				10.65	10.50	10.58	87.832	23790	270.859
				10.60	10.55	10.58	87.832	23730	270.176
				10.80	10.65	10.73	90.341	24090	266.657
				10.60	10.60	10.60	88.247	23790	269.583
			28	10.70	10.60	10.65	89.082	17630	197.908
				10.70	10.50	10.60	88.247	26390	299.046
10.50	10.55	10.53		87.003	26110	300.105			
10.55	10.65	10.60		88.247	26350	298.593			
10.65	10.70	10.68		89.501	26560	296.758			

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.60	10.50	10.55	87.417	26100	298.570
ACI 211	280	SF (10%)	3	10.85	10.60	10.73	90.341	14430	159.728
				10.70	10.65	10.68	89.501	14190	158.547
				10.60	10.75	10.68	89.501	14210	158.770
				10.70	10.60	10.65	89.082	13720	154.016
				10.60	10.60	10.60	88.247	13870	157.172
			7	10.65	10.70	10.68	89.501	21190	236.758
				10.75	10.60	10.68	89.501	21360	238.658
				10.60	10.75	10.68	89.501	21270	237.652
				10.60	10.70	10.65	89.082	21650	243.035
				10.55	10.80	10.68	89.501	21670	242.121
			14	10.70	10.70	10.70	89.920	25540	284.030
				10.60	10.60	10.60	88.247	25290	286.581
				10.75	10.75	10.75	90.763	26280	289.547
				10.70	10.85	10.78	91.185	25680	281.625
				10.80	10.70	10.75	90.763	25420	280.071
			28	10.80	10.60	10.70	89.920	28910	321.507
				10.85	10.70	10.78	91.185	28390	311.344
				10.75	10.60	10.68	89.501	28780	321.562
				10.70	10.75	10.73	90.341	28510	315.582
				10.80	10.60	10.70	89.920	28770	319.950
ACI 211	280	SF (15%)	3	10.75	10.60	10.68	89.501	15090	168.602
				10.90	10.55	10.73	90.341	15920	176.221
				10.65	10.70	10.68	89.501	15370	171.731
				10.60	10.75	10.68	89.501	14880	166.256
				10.60	10.90	10.75	90.763	15130	166.699
			7	10.80	10.65	10.73	90.341	22920	253.706
				10.60	10.60	10.60	88.247	23030	260.971
				10.70	10.60	10.65	89.082	22910	257.179
				10.65	10.80	10.73	90.341	23890	264.443
				10.70	10.60	10.65	89.082	23320	261.782
			14	10.50	10.70	10.60	88.247	26320	298.253
				10.55	10.65	10.60	88.247	26850	304.258
				10.65	10.70	10.68	89.501	27810	310.724
				10.60	10.50	10.55	87.417	27050	309.437
				10.80	10.55	10.68	89.501	27990	312.736
			28	10.60	10.65	10.63	88.664	30010	338.468
				10.70	10.60	10.65	89.082	30620	343.729

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.50	10.80	10.65	89.082	30390	341.147
				10.55	10.60	10.58	87.832	30890	351.696
				10.65	10.70	10.68	89.501	30270	338.210
ACI 211	280	EA (E1*)	3	10.55	10.60	10.58	87.832	12950	147.441
				10.70	10.70	10.70	89.920	12900	143.460
				10.60	10.65	10.63	88.664	12440	140.305
				10.75	10.70	10.73	90.341	13200	146.113
				10.70	10.60	10.65	89.082	12880	144.586
			7	10.80	10.80	10.80	91.609	20000	218.320
				10.80	10.80	10.80	91.609	19800	216.136
				10.85	10.60	10.73	90.341	19650	217.509
				10.75	10.55	10.65	89.082	19150	214.971
				10.70	10.65	10.68	89.501	19440	217.205
			14	10.80	10.70	10.75	90.763	23400	257.816
				10.50	10.50	10.50	86.590	22450	259.267
				10.60	10.55	10.58	87.832	22740	258.905
				10.55	10.55	10.55	87.417	23010	263.222
				10.65	10.50	10.58	87.832	23100	263.003
			28	10.85	10.60	10.73	90.341	26010	287.909
				10.60	10.80	10.70	89.920	26600	295.818
				10.75	10.85	10.80	91.609	26190	285.889
				10.65	10.80	10.73	90.341	26140	289.348
				10.60	10.80	10.70	89.920	25820	287.143
ACI 211	280	EA (E2**)	3	10.70	10.80	10.75	90.763	13980	154.028
				10.75	10.70	10.73	90.341	13420	148.548
				10.80	10.80	10.80	91.609	14030	153.151
				10.60	10.70	10.65	89.082	13760	154.465
				10.55	10.80	10.68	89.501	13450	150.278
			7	10.70	10.60	10.65	89.082	20500	230.126
				10.75	10.60	10.68	89.501	20200	225.697
				10.90	10.70	10.80	91.609	20990	229.126
				10.65	10.55	10.60	88.247	20020	226.862
				10.60	10.65	10.63	88.664	20230	228.165
			14	10.60	10.70	10.65	89.082	24500	275.028
				10.80	10.50	10.65	89.082	24000	269.415
				10.60	10.55	10.58	87.832	24180	275.300
				10.70	10.55	10.63	88.664	24110	271.925
				10.65	10.50	10.58	87.832	23770	270.632

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
			28	10.70	10.60	10.65	89.082	26810	300.959
				10.50	10.80	10.65	89.082	27260	306.011
				10.55	10.85	10.70	89.920	27410	304.826
				10.65	10.80	10.73	90.341	27180	300.860
				10.60	10.65	10.63	88.664	27400	309.032
ACI 211	280	EA (E3***)	3	10.70	10.50	10.60	88.247	13780	156.152
				10.60	10.60	10.60	88.247	13540	153.432
				10.80	10.55	10.68	89.501	13610	152.066
				10.80	10.65	10.73	90.341	13850	153.308
				10.60	10.85	10.73	90.341	14870	164.599
			7	10.55	10.60	10.58	87.832	20540	233.857
				10.65	10.75	10.70	89.920	20900	232.428
				10.70	10.65	10.68	89.501	20720	231.507
				10.50	10.60	10.55	87.417	21230	242.860
				10.55	10.70	10.63	88.664	21450	241.924
			14	10.55	10.85	10.70	89.920	25970	288.812
				10.50	10.75	10.63	88.664	25610	288.843
				10.60	10.70	10.65	89.082	25450	285.692
				10.80	10.80	10.80	91.609	25930	283.051
				10.85	10.80	10.83	92.033	25500	277.073
			28	10.80	10.65	10.73	90.341	28460	315.029
				10.80	10.60	10.70	89.920	28000	311.387
				10.70	10.70	10.70	89.920	28200	313.611
				10.60	10.65	10.63	88.664	27810	313.656
				10.80	10.70	10.75	90.763	28410	313.014

4.3.2.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MÁXIMA COMPACIDAD

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de los ensayos en estado endurecido, resistencias a compresión, a diferentes edades y de acuerdo a la cantidad y tipo de aditivo añadido, así mismo el porcentaje de la resistencia a la que fue diseñada, según el método de máxima compacidad.

Tabla 4.6 Resultados de la Resistencia a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
MÁX. COMP.	175	-	3	10.50	10.65	10.58	87.832	3020	34.384
				10.60	10.60	10.60	88.247	2460	27.876
				10.80	10.70	10.75	90.763	2860	31.511
				10.85	10.65	10.75	90.763	2240	24.680
				10.80	10.65	10.73	90.341	5050	55.899
				10.80	10.60	10.70	89.920	4720	52.491
				10.70	10.70	10.70	89.920	4690	52.157
				10.80	10.50	10.65	89.082	4910	55.118
				10.70	10.60	10.65	89.082	4990	56.016
			7	10.70	10.80	10.75	90.762575	4960	54.648
				10.80	10.75	10.78	91.185	3570	39.151
				10.75	10.70	10.73	90.341	1590	17.600
				10.75	10.65	10.70	89.920	4590	51.045
				10.80	10.70	10.75	90.763	7010	77.234
				10.60	10.80	10.70	89.920	7340	81.628
				10.60	10.70	10.65	89.082	6910	77.569
				10.70	10.75	10.73	90.341	6860	75.935
				10.55	10.85	10.70	89.920	6920	76.957
			14	10.60	10.70	10.65	89.081823	6910	77.569
				10.60	10.70	10.65	89.082	7020	78.804
				10.65	10.70	10.68	89.501	7380	82.458
				10.60	10.75	10.68	89.501	4690	52.402
				10.65	10.70	10.68	89.501	11160	124.692
				10.70	10.60	10.65	89.082	11210	125.839
				10.50	10.65	10.58	87.832	10830	123.304
				10.55	10.75	10.65	89.082	11470	128.758
				10.55	10.60	10.58	87.832	10620	120.913
			28	10.65	10.75	10.70	89.920	10850	120.662
				10.60	10.70	10.65	89.082	11460	128.646
				10.65	10.60	10.63	88.664	1280	14.437
				10.70	10.65	10.68	89.501	11360	126.927
				10.50	10.85	10.68	89.501	13700	153.072
				10.60	10.65	10.63	88.664	13720	154.741
				10.80	10.80	10.80	91.609	14290	155.989
				10.85	10.80	10.83	92.033	14230	154.618
				10.80	10.70	10.75	90.763	13830	152.376

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
MÁX. COMP.	175	SF (5%)	3	10.65	10.60	10.63	88.664	5640	63.611
				10.60	10.70	10.65	89.082	5620	63.088
				10.70	10.65	10.68	89.501	5670	63.352
				10.65	10.70	10.68	89.501	5590	62.458
				10.70	10.60	10.65	89.082	5580	62.639
				10.75	10.60	10.68	89.501	2380	26.592
			7	10.70	10.65	10.68	89.501	5570	62.234
				10.60	10.65	10.63	88.664	7940	89.551
				10.80	10.80	10.80	91.609	8300	90.603
				10.80	10.80	10.80	91.609	8210	89.620
				10.60	10.55	10.58	87.832	7960	90.628
				10.55	10.65	10.60	88.247	8000	90.654
			14	10.75	10.8	10.775	91.185218	7690	84.334
				10.65	10.60	10.63	88.664	12750	143.801
				10.70	10.70	10.70	89.920	12900	143.460
				10.50	10.50	10.50	86.590	12540	144.820
				10.55	10.60	10.58	87.832	12650	144.026
				10.55	10.70	10.63	88.664	12830	144.703
			28	10.60	10.70	10.65	89.082	12450	139.759
				10.50	10.80	10.65	89.082	15910	178.600
				10.60	10.60	10.60	88.247	15940	180.629
				10.80	10.70	10.75	90.763	16290	179.479
				10.85	10.80	10.83	92.033	16350	177.653
				10.80	10.80	10.80	91.609	16310	178.040
MÁX. COMP.	175	SF (10%)	3	10.60	10.70	10.65	89.082	5900	66.231
				10.80	10.60	10.70	89.920	5610	62.389
				10.85	10.80	10.83	92.033	6050	65.737
				10.80	10.60	10.70	89.920	5840	64.946
				10.65	10.65	10.65	89.082	5810	65.221
			7	10.75	10.55	10.65	89.082	8640	96.989
				10.65	10.50	10.58	87.832	8370	95.296
				10.55	10.70	10.63	88.664	8120	91.582
				10.70	10.65	10.68	89.501	8230	91.955
				10.90	10.70	10.80	91.609	8390	91.585
			14	10.70	10.60	10.65	89.082	13580	152.444
				10.60	10.80	10.70	89.920	13490	150.022
				10.70	10.60	10.65	89.082	13610	152.781
				10.60	10.60	10.60	88.247	13910	157.625

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
			28	10.65	10.65	10.65	89.082	13950	156.598
				10.75	10.90	10.83	92.033	17950	195.038
				10.60	10.75	10.68	89.501	16830	188.044
				10.60	10.70	10.65	89.082	16500	185.223
				10.55	10.55	10.55	87.417	16180	185.090
				10.70	10.60	10.65	89.082	16430	184.437
MÁX. COMP.	175	SF (15%)	3	10.60	10.85	10.73	90.341	6420	71.064
				10.80	10.70	10.75	90.763	6350	69.963
				10.85	10.60	10.73	90.341	6350	70.289
				10.80	10.65	10.73	90.341	7080	78.370
				10.80	10.75	10.78	91.185	6490	71.174
			7	10.70	10.60	10.65	89.082	9160	102.827
				10.60	10.85	10.73	90.341	9040	100.065
				10.80	10.65	10.73	90.341	9370	103.718
				10.70	10.55	10.63	88.664	8990	101.394
				10.60	10.60	10.60	88.247	9110	103.233
			14	10.50	10.50	10.50	86.590	14280	164.915
				10.70	10.80	10.75	90.763	15080	166.148
				10.60	10.70	10.65	89.082	14200	159.404
				10.65	10.75	10.70	89.920	14550	161.810
				10.55	10.85	10.70	89.920	14810	164.702
			28	10.70	10.80	10.75	90.763	18200	200.523
				10.60	10.80	10.70	89.920	18390	204.515
				10.70	10.70	10.70	89.920	18950	210.742
10.75	10.75	10.75		90.763	18190	200.413			
10.80	10.60	10.70		89.920	18030	200.511			
MÁX. COMP.	175	EA (E1*)	3	10.50	10.75	10.63	88.664	5300	59.776
				10.60	10.70	10.65	89.082	5250	58.935
				10.80	10.55	10.68	89.501	5280	58.994
				10.85	10.60	10.73	90.341	5810	64.312
				10.80	10.80	10.80	91.609	5500	60.038
			7	10.80	10.75	10.78	91.185	7640	83.786
				10.70	10.70	10.70	89.920	7840	87.188
				10.60	10.60	10.60	88.247	7520	85.215
				10.80	10.70	10.75	90.763	7770	85.608
			14	10.70	10.55	10.63	88.664	7910	89.213
				10.60	10.65	10.63	88.664	12010	135.455
				10.50	10.60	10.55	87.417	11840	135.443

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.70	10.70	10.70	89.920	12390	137.789
				10.60	10.50	10.55	87.417	12750	145.853
				10.65	10.60	10.63	88.664	12050	135.906
			28	10.55	10.70	10.63	88.664	15020	169.403
				10.70	10.80	10.75	90.763	15480	170.555
				10.60	10.60	10.60	88.247	14990	169.863
				10.80	10.70	10.75	90.763	15340	169.012
				10.85	10.80	10.83	92.033	16460	178.848
MÁX. COMP.	175	EA (E2**)	3	10.65	10.80	10.73	90.341	5800	64.201
				10.70	10.70	10.70	89.920	5600	62.277
				10.60	10.75	10.68	89.501	5920	66.145
				10.65	10.85	10.75	90.763	5610	61.810
			7	10.55	10.80	10.68	89.501	5550	62.011
				10.70	10.80	10.75	90.763	8190	90.235
				10.60	10.70	10.65	89.082	8120	91.152
				10.80	10.60	10.70	89.920	8000	88.968
				10.50	10.75	10.63	88.664	7960	89.777
				10.60	10.65	10.63	88.664	8300	93.612
			14	10.55	10.60	10.58	87.832	12700	144.595
				10.65	10.70	10.68	89.501	12940	144.580
				10.85	10.60	10.73	90.341	13000	143.899
				10.60	10.70	10.65	89.082	13670	153.454
				10.75	10.90	10.83	92.033	13900	151.032
			28	10.65	10.70	10.68	89.501	16320	182.345
				10.60	10.55	10.58	87.832	15820	180.117
				10.70	10.65	10.68	89.501	15990	178.658
10.85	10.75	10.80		91.609	16920	184.698			
10.75	10.65	10.70		89.920	15970	177.602			
MÁX. COMP.	175	EA (E3***)	3	10.60	10.50	10.55	87.417	5550	63.489
				10.55	10.70	10.63	88.664	6010	67.784
				10.70	10.65	10.68	89.501	5820	65.028
				10.60	10.55	10.58	87.832	5820	66.263
				10.75	10.60	10.68	89.501	5830	65.139
			7	10.70	10.80	10.75	90.763	9200	101.363
				10.80	10.80	10.80	91.609	8100	88.419
				10.80	10.60	10.70	89.920	8620	95.863
				10.85	10.70	10.78	91.185	8860	97.165
				10.75	10.65	10.70	89.920	8740	97.197

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
			14	10.70	10.70	10.70	89.920	13560	150.800
				10.80	10.60	10.70	89.920	13520	150.355
				10.80	10.65	10.73	90.341	13530	149.766
				10.85	10.80	10.83	92.033	14050	152.662
				10.80	10.80	10.80	91.609	14750	161.011
			28	10.60	10.75	10.68	89.501	16540	184.803
				10.50	10.60	10.55	87.417	16890	193.212
				10.55	10.60	10.58	87.832	16130	183.647
				10.55	10.55	10.55	87.417	16210	185.434
				10.50	10.70	10.60	88.247	16290	184.595
MÁX. COMP.	210	-	3	10.70	10.70	10.70	89.920	2560	28.470
				10.65	10.70	10.68	89.501	2530	28.268
				10.80	10.85	10.83	92.033	3010	32.706
				10.70	10.80	10.75	90.763	2040	22.476
				10.65	10.75	10.70	89.920	5900	65.614
				10.75	10.85	10.80	91.609	6050	66.042
				10.65	10.70	10.68	89.501	5840	65.251
				10.55	10.60	10.58	87.832	5610	63.872
				10.70	10.65	10.68	89.501	6180	69.050
			7	10.60	10.70	10.65	89.082	5690	63.874
				10.85	10.80	10.83	92.033	5860	63.673
				10.70	10.70	10.70	89.920	4130	45.930
				10.60	10.70	10.65	89.082	5790	64.996
				10.90	10.75	10.83	92.033	8520	92.575
				10.70	10.60	10.65	89.082	8410	94.408
				10.60	10.85	10.73	90.341	8480	93.867
				10.70	10.65	10.68	89.501	8710	97.318
				10.60	10.55	10.58	87.832	8340	94.954
			14	10.70	10.70	10.70	89.920	3590	39.924
				10.75	10.80	10.78	91.185	9840	107.912
				10.70	10.60	10.65	89.082	8920	100.133
				10.70	10.70	10.70	89.920	8560	95.195
				10.65	10.60	10.63	88.664	14030	158.238
				10.75	10.50	10.63	88.664	13370	150.794
				10.60	10.80	10.70	89.920	13310	148.020
				10.70	10.60	10.65	89.082	13240	148.627
				10.80	10.70	10.75	90.763	13910	153.257
			28	10.70	10.50	10.60	88.247	13650	154.679

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.65	10.80	10.73	90.341	7960	88.111
				10.75	10.60	10.68	89.501	8560	95.642
				10.80	10.70	10.75	90.763	13914	153.301
				10.80	10.55	10.68	89.501	16170	180.669
				10.85	10.65	10.75	90.763	17120	188.624
				10.75	10.60	10.68	89.501	17140	191.507
				10.70	10.70	10.70	89.920	16960	188.612
				10.80	10.65	10.73	90.341	17390	192.493
MÁX. COMP.	210	SF (5%)	3	10.80	10.85	10.83	92.033	4120	44.766
				10.80	10.85	10.83	92.033	7010	76.168
				10.70	10.80	10.75	90.763	7010	77.234
				10.60	10.60	10.60	88.247	6390	72.410
				10.80	10.70	10.75	90.763	7030	77.455
				10.70	10.55	10.63	88.664	6910	77.935
			7	10.70	10.55	10.63	88.664	5030	56.731
				10.60	10.65	10.63	88.664	9450	106.582
				10.50	10.60	10.55	87.417	9390	107.416
				10.70	10.70	10.70	89.920	9590	106.650
				10.60	10.50	10.55	87.417	9410	107.645
				10.65	10.60	10.63	88.664	9520	107.372
			14	10.65	10.70	10.68	89.501	8760	97.877
				10.55	10.70	10.63	88.664	15300	172.561
				10.70	10.80	10.75	90.763	15910	175.293
				10.60	10.60	10.60	88.247	15420	174.736
				10.70	10.70	10.70	89.920	15370	170.929
				10.75	10.80	10.78	91.185	15680	171.958
			28	10.70	10.80	10.75	90.763	13770	151.715
				10.80	10.80	10.80	91.609	19400	211.770
				10.60	10.85	10.73	90.341	19000	210.314
				10.55	10.80	10.68	89.501	19540	218.323
				10.70	10.60	10.65	89.082	19360	217.328
				10.75	10.50	10.63	88.664	19450	219.367
MÁX. COMP.	210	SF (10%)	3	10.60	10.80	10.70	89.920	7180	79.849
				10.75	10.75	10.75	90.763	7530	82.964
				10.70	10.70	10.70	89.920	7020	78.069
				10.80	10.60	10.70	89.920	7310	81.294
				10.80	10.70	10.75	90.763	7190	79.218
			7	10.85	10.55	10.70	89.920	10320	114.768

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.75	10.65	10.70	89.920	10010	111.321
				10.70	10.60	10.65	89.082	10450	117.308
				10.80	10.70	10.75	90.763	10520	115.907
				10.50	10.50	10.50	86.590	9760	112.715
			14	10.60	10.60	10.60	88.247	16980	192.414
				10.55	10.70	10.63	88.664	16150	182.148
				10.65	10.80	10.73	90.341	17090	189.172
				10.85	10.60	10.73	90.341	16680	184.634
				10.60	10.70	10.65	89.082	16430	184.437
			28	10.75	10.80	10.78	91.185	20540	225.256
				10.65	10.80	10.73	90.341	21030	232.785
				10.60	10.85	10.73	90.341	21260	235.331
				10.70	10.80	10.75	90.763	21330	235.009
				10.85	10.60	10.73	90.341	20390	225.701
			MÁX. COMP.	210	SF (15%)	3	10.60	10.70	10.65
10.55	10.55	10.55					87.417	7900	90.372
10.70	10.60	10.65					89.082	7320	82.172
10.75	10.60	10.68					89.501	7650	85.474
10.90	10.75	10.83					92.033	7720	83.883
7	10.65	10.65				10.65	89.082	11230	126.064
	10.60	10.60				10.60	88.247	11310	128.163
	10.60	10.70				10.65	89.082	11380	127.748
	10.80	10.60				10.70	89.920	11220	124.777
	10.60	10.70				10.65	89.082	11300	126.850
14	10.70	10.90				10.80	91.609	18160	198.234
	10.65	10.70				10.68	89.501	17930	200.334
	10.70	10.55				10.63	88.664	17540	197.825
	10.50	10.65				10.58	87.832	17810	202.774
	10.55	10.75				10.65	89.082	18010	202.174
28	10.65	10.65				10.65	89.082	22500	252.577
	10.60	10.80				10.70	89.920	22310	248.109
	10.80	10.85				10.83	92.033	23150	251.539
	10.60	10.80				10.70	89.920	21880	243.327
	10.70	10.60				10.65	89.082	22260	249.883
MÁX. COMP.	210	EA (E1*)	3	10.80	10.80	10.80	91.609	6940	75.757
				10.80	10.85	10.83	92.033	7010	76.168
				10.70	10.80	10.75	90.763	6530	71.946
				10.60	10.60	10.60	88.247	6820	77.283

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
			7	10.80	10.50	10.65	89.082	6390	71.732
				10.70	10.55	10.63	88.664	9110	102.747
				10.60	10.55	10.58	87.832	9620	109.528
				10.50	10.50	10.50	86.590	8750	101.051
				10.70	10.70	10.70	89.920	9290	103.314
				10.60	10.65	10.63	88.664	9770	110.191
			14	10.65	10.55	10.60	88.247	15140	171.563
				10.55	10.60	10.58	87.832	14890	169.529
				10.80	10.80	10.80	91.609	15380	167.888
				10.80	10.80	10.80	91.609	15330	167.342
				10.65	10.60	10.63	88.664	15480	174.592
			28	10.60	10.70	10.65	89.082	18500	207.674
				10.70	10.65	10.68	89.501	19150	213.965
				10.65	10.70	10.68	89.501	18540	207.150
				10.70	10.60	10.65	89.082	18610	208.909
10.60	10.65	10.63		88.664	18310	206.510			
MÁX. COMP.	210	EA (E2**)	3	10.70	10.80	10.75	90.763	7280	80.209
				10.80	10.85	10.83	92.033	7020	76.277
				10.80	10.80	10.80	91.609	7330	80.014
				10.65	10.60	10.63	88.664	6940	78.273
				10.85	10.50	10.68	89.501	7070	78.994
			7	10.60	10.55	10.58	87.832	9580	109.072
				10.75	10.55	10.65	89.082	10420	116.971
				10.65	10.50	10.58	87.832	9590	109.186
				10.60	10.70	10.65	89.082	9710	109.001
			14	10.70	10.65	10.68	89.501	10370	115.865
				10.85	10.55	10.70	89.920	15880	176.601
				10.75	10.70	10.73	90.341	15920	176.221
				10.70	10.60	10.65	89.082	15890	178.375
				10.80	10.60	10.70	89.920	16220	180.382
			28	10.70	10.80	10.75	90.763	16350	180.140
				10.60	10.70	10.65	89.082	19650	220.584
				10.50	10.80	10.65	89.082	20230	227.095
				10.70	10.70	10.70	89.920	19850	220.751
10.60	10.80	10.70		89.920	19640	218.416			
MÁX. COMP.	210	EA (E3***)	3	10.70	10.60	10.65	89.082	6830	76.671
				10.65	10.75	10.70	89.920	7520	83.630

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)			
				10.55	10.70	10.63	88.664	7010	79.062			
				10.60	10.70	10.65	89.082	7450	83.631			
				10.80	10.55	10.68	89.501	7500	83.798			
			7	10.80	10.65	10.73	90.341	10500	116.226			
				10.60	10.60	10.60	88.247	10060	113.998			
				10.70	10.70	10.70	89.920	10300	114.546			
				10.65	10.50	10.58	87.832	10520	119.775			
				10.70	10.60	10.65	89.082	10390	116.634			
			14	10.60	10.70	10.65	89.082	16970	190.499			
				10.65	10.80	10.73	90.341	16830	186.294			
				10.80	10.60	10.70	89.920	16130	179.381			
				10.80	10.70	10.75	90.763	16810	185.208			
			28	10.80	10.80	10.80	91.609	16920	184.698			
				10.70	10.80	10.75	90.763	20400	224.762			
				10.60	10.85	10.73	90.341	20070	222.158			
				10.50	10.80	10.65	89.082	20230	227.095			
				10.70	10.60	10.65	89.082	20250	227.319			
			MÁX. COMP.	280	-	3	10.60	10.70	10.65	89.082	2640	29.636
							10.65	10.60	10.63	88.664	2870	32.369
10.80	10.70	10.75					90.763	3090	34.045			
10.80	10.80	10.80					91.609	3870	42.245			
10.50	10.60	10.55					87.417	8010	91.630			
10.60	10.70	10.65					89.082	7810	87.672			
10.55	10.50	10.53					87.003	7790	89.537			
10.65	10.60	10.63					88.664	7830	88.311			
10.85	10.70	10.78					91.185	8310	91.133			
7	10.80	10.70				10.75	90.763	6980	76.904			
	10.80	10.70				10.75	90.763	6590	72.607			
	10.60	10.70				10.65	89.082	5860	65.782			
	10.70	10.80				10.75	90.763	5940	65.445			
	10.60	10.80				10.70	89.920	11740	130.560			
	10.75	10.80				10.78	91.185	12130	133.026			
	10.65	10.85				10.75	90.763	11420	125.823			
14	10.60	10.80				10.70	89.920	11910	132.451			
	10.70	10.60				10.65	89.082	11920	133.810			
	10.70	10.70				10.70	89.920	10970	121.997			
			14	10.60	10.70	10.65	89.082	9670	108.552			

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)				
				10.75	10.80	10.78	91.185	10320	113.176				
				10.70	10.80	10.75	90.763	11190	123.289				
				10.85	10.50	10.68	89.501	18900	211.172				
				10.75	10.55	10.65	89.082	18830	211.379				
				10.70	10.55	10.63	88.664	18160	204.818				
				10.80	10.50	10.65	89.082	18990	213.175				
				10.80	10.70	10.75	90.763	18850	207.685				
			28	10.80	10.80	10.80	91.609	17850	194.850				
				10.70	10.80	10.75	90.763	16940	186.641				
				10.70	10.80	10.75	90.763	17320	190.828				
				10.60	10.75	10.68	89.501	12970	144.915				
				10.65	10.65	10.65	89.082	22780	255.720				
				10.75	10.55	10.65	89.082	22530	252.914				
				10.70	10.60	10.65	89.082	22810	256.057				
				10.80	10.80	10.80	91.609	22830	249.212				
				10.80	10.80	10.80	91.609	22820	249.103				
				MÁX. COMP.	280	SF (5%)	3	10.70	10.80	10.75	90.762575	4510	49.690
								10.90	10.55	10.73	90.341	9600	106.264
10.65	10.55	10.60	88.247					8900	100.853				
10.60	10.50	10.55	87.417					8910	101.926				
10.60	10.70	10.65	89.082					8950	100.469				
10.80	10.65	10.73	90.341					9240	102.279				
7	10.70	10.75	10.725				90.341	8740	96.745				
	10.80	10.55	10.68				89.501	13500	150.837				
	10.70	10.60	10.65				89.082	13280	149.076				
	10.80	10.80	10.80				91.609	13580	148.239				
	10.70	10.80	10.75				90.763	13920	153.367				
	10.80	10.60	10.70				89.920	13740	152.802				
14	10.65	10.7	10.675				89.501	12930	144.468				
	10.60	10.70	10.65				89.082	21610	242.586				
	10.60	10.65	10.63				88.664	21520	242.714				
	10.70	10.70	10.70				89.920	21670	240.991				
	10.55	10.60	10.58				87.832	21100	240.233				
	10.65	10.65	10.65				89.082	21350	239.667				
28	10.60	10.65	10.625				88.664	22190	250.270				
	10.70	10.80	10.75				90.763	26320	289.987				
	10.50	10.80	10.65				89.082	26000	291.867				
	10.55	10.65	10.60	88.247	25430	288.167							

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.55	10.55	10.55	87.417	25390	290.448
				10.50	10.50	10.50	86.590	25500	294.491
MÁX. COMP.	280	SF (10%)	3	10.75	10.50	10.63	88.664	9400	106.018
				10.70	10.55	10.63	88.664	9300	104.890
				10.80	10.55	10.68	89.501	9930	110.949
				10.80	10.50	10.65	89.082	9700	108.889
				10.65	10.70	10.68	89.501	9660	107.932
			7	10.60	10.65	10.63	88.664	14790	166.809
				10.70	10.55	10.63	88.664	14230	160.493
				10.65	10.60	10.63	88.664	14510	163.651
				10.70	10.80	10.75	90.763	14320	157.774
				10.60	10.80	10.70	89.920	14330	159.363
			14	10.80	10.60	10.70	89.920	23080	256.672
				10.80	10.70	10.75	90.763	23310	256.824
				10.60	10.65	10.63	88.664	22170	250.045
				10.55	10.70	10.63	88.664	22540	254.218
				10.65	10.60	10.63	88.664	22840	257.601
			28	10.70	10.65	10.68	89.501	28300	316.199
				10.50	10.80	10.65	89.082	27410	307.695
				10.55	10.80	10.68	89.501	27390	306.032
				10.55	10.70	10.63	88.664	27900	314.671
				10.50	10.75	10.63	88.664	27100	305.648
MÁX. COMP.	280	SF (15%)	3	10.50	10.50	10.50	86.590	10140	117.103
				10.55	10.55	10.55	87.417	10260	117.369
				10.65	10.55	10.60	88.247	10420	118.077
				10.80	10.50	10.65	89.082	10910	122.472
				10.80	10.70	10.75	90.763	10170	112.051
			7	10.65	10.65	10.65	89.082	15100	169.507
				10.60	10.55	10.58	87.832	14980	170.554
				10.70	10.70	10.70	89.920	16090	178.936
				10.65	10.60	10.63	88.664	15570	175.607
				10.70	10.60	10.65	89.082	15810	177.477
			14	10.60	10.80	10.70	89.920	24790	275.689
				10.80	10.70	10.75	90.763	25210	277.758
				10.80	10.80	10.80	91.609	25570	279.122
				10.60	10.70	10.65	89.082	24910	279.631
				10.55	10.80	10.68	89.501	25010	279.440
			28	10.65	10.80	10.73	90.341	30150	333.736

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)
				10.70	10.60	10.65	89.082	29650	332.840
				10.50	10.60	10.55	87.417	29380	336.091
				10.55	10.65	10.60	88.247	29610	335.534
				10.55	10.90	10.73	90.341	30850	341.484
MÁX. COMP.	280	EA (E1*)	3	10.80	10.80	10.80	91.609	9250	100.973
				10.80	10.80	10.80	91.609	9110	99.445
				10.60	10.70	10.65	89.082	9430	105.858
				10.55	10.75	10.65	89.082	8520	95.642
				10.65	10.65	10.65	89.082	9010	101.143
			7	10.70	10.80	10.75	90.763	13250	145.985
				10.50	10.80	10.65	89.082	12920	145.035
				10.55	10.70	10.63	88.664	12290	138.613
				10.55	10.75	10.65	89.082	13030	146.270
				10.50	10.85	10.68	89.501	13250	148.044
			14	10.60	10.70	10.65	89.082	20490	230.013
				10.80	10.60	10.70	89.920	21140	235.097
				10.85	10.65	10.75	90.763	21330	235.009
				10.80	10.75	10.78	91.185	21520	236.003
				10.80	10.60	10.70	89.920	21030	233.874
			28	10.70	10.85	10.78	91.185	25800	282.941
				10.60	10.65	10.63	88.664	24320	274.294
				10.50	10.55	10.53	87.003	24930	286.542
				10.70	10.60	10.65	89.082	24910	279.631
				10.60	10.50	10.55	87.417	24580	281.182
MÁX. COMP.	280	EA (E2**)	3	10.55	10.65	10.60	88.247	9220	104.479
				10.55	10.85	10.70	89.920	9120	101.423
				10.50	10.60	10.55	87.417	9460	108.217
				10.60	10.75	10.68	89.501	9310	104.022
				10.80	10.65	10.73	90.341	9420	104.272
			7	10.85	10.60	10.73	90.341	13600	150.541
				10.80	10.70	10.75	90.763	14210	156.562
				10.65	10.85	10.75	90.763	14320	157.774
				10.75	10.75	10.75	90.763	14200	156.452
				10.65	10.70	10.68	89.501	13610	152.066
			14	10.55	10.80	10.68	89.501	22540	251.842
				10.70	10.70	10.70	89.920	21820	242.660
				10.90	10.60	10.75	90.763	22010	242.501
				10.70	10.80	10.75	90.763	22320	245.916

Método	Diseño (kg/cm ²)	Aditivo (%)	Edad	d1(cm)	d2(cm)	d (cm)	Área (cm ²)	Carga(kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)			
			28	10.60	10.85	10.73	90.341	22250	246.289			
				10.70	10.80	10.75	90.763	26350	290.318			
				10.60	10.60	10.60	88.247	26340	298.479			
				10.65	10.50	10.58	87.832	26110	297.274			
				10.75	10.55	10.65	89.082	26220	294.336			
				10.60	10.55	10.58	87.832	26350	300.006			
MÁX. COMP.	280	EA (E3***)	3	10.65	10.55	10.60	88.247	9600	108.785			
				10.55	10.70	10.63	88.664	9550	107.710			
				10.70	10.55	10.63	88.664	9670	109.063			
				10.60	10.65	10.63	88.664	9610	108.387			
			7	10.70	10.60	10.65	89.082	9810	110.123			
				10.75	10.70	10.73	90.341	14910	165.041			
				10.80	10.50	10.65	89.082	13870	155.700			
				10.60	10.60	10.60	88.247	14040	159.098			
			14	10.55	10.70	10.63	88.664	14190	160.042			
				10.70	10.60	10.65	89.082	14200	159.404			
				10.75	10.65	10.70	89.920	22900	254.670			
				10.90	10.55	10.73	90.341	22900	253.484			
			28	10.50	10.70	10.60	88.247	22990	260.518			
				10.70	10.60	10.65	89.082	22810	256.057			
				10.65	10.75	10.70	89.920	22300	247.998			
				10.55	10.70	10.63	88.664	27050	305.084			
						28	10.60	10.70	10.65	89.082	27100	304.215
							10.80	10.55	10.68	89.501	27990	312.736
10.80	10.65	10.73					90.341	27220	301.303			
10.60	10.60	10.60					88.247	27810	315.137			

4.3.3. RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla 4.7 Resumen de Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	78.20	89.95	95.19	104.73	88.06	93.75	96.13
	7	118.03	135.80	144.29	156.76	132.50	139.69	145.17
	14	141.66	163.62	171.58	185.49	159.14	167.85	172.70
	28	157.40	181.70	193.39	207.61	177.19	184.14	193.78
210	3	95.33	108.99	116.06	126.96	106.84	113.09	117.13
	7	143.60	166.50	176.03	190.39	160.03	171.84	174.66
	14	172.03	196.90	208.31	225.33	190.08	201.76	211.85
	28	191.36	219.37	234.50	253.50	214.61	226.55	235.80

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
280	3	128.02	149.50	157.65	169.90	144.38	152.09	155.91
	7	194.97	226.79	239.64	259.62	216.83	228.00	236.52
	14	231.41	268.92	284.37	307.08	260.44	272.46	284.69
	28	258.78	298.61	317.99	342.65	289.22	304.34	313.34

Tabla 4.8 Resumen de Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad

Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	54.34	63.03	64.90	72.17	60.41	63.29	65.54
	7	77.86	90.21	93.48	102.25	86.20	90.75	96.00
	14	124.70	144.16	153.89	163.40	138.09	147.51	152.92
	28	154.16	178.88	187.57	203.34	171.54	180.68	186.34
210	3	65.97	76.24	80.28	86.48	74.58	78.75	81.36
	7	94.62	107.13	114.40	126.72	105.37	112.02	116.24
	14	151.79	173.10	186.56	200.27	170.18	178.34	185.22
	28	188.38	215.42	230.82	249.09	208.84	221.18	227.76
280	3	89.66	102.36	107.74	117.41	100.61	104.48	108.81
	7	131.13	150.86	161.62	174.42	144.79	154.68	159.86
	14	209.65	241.24	255.07	278.33	234.00	245.84	254.55
	28	252.60	290.99	310.05	335.94	280.92	296.08	307.69

Tabla 4.9 Resumen del Lavado de Finos y del Slump Flow por el Método ACI 211

Método	Resistencia (kg/cm ²)	Aditivo	Slump Flow	Agregado Fino (kg)	Cemento (kg)	Partículas Finas (kg)	Promedio Lavado (%)
ACI 211	175	-	331	737.88	326.43	1064.31	11.39
		SF (5%)	324				8.76
		SF (10%)	318				6.26
		SF (15%)	313				4.36
		EA (E1*)	325				7.14
		EA (E2**)	320				5.08
		EA (E3***)	315				3.18
	210	-	335	702.05	367.12	1069.17	11.22
		SF (5%)	323				8.57
		SF (10%)	318				6.22
		SF (15%)	311				4.29
		EA (E1*)	321				7.08
		EA (E2**)	318				5.01
		EA (E3***)	315				3.25
	280	-	330	637.95	439.91	1077.86	11.09
		SF (5%)	319				8.48
		SF (10%)	316				6.16

Método	Resistencia (kg/cm ²)	Aditivo	Slump Flow	Agregado Fino (kg)	Cemento (kg)	Partículas Finas (kg)	Promedio Lavado (%)
		SF (15%)	311				4.19
		EA (E1*)	322				7.03
		EA (E2**)	319				4.94
		EA (E3***)	314				3.17

Tabla 4.10 Resumen del Lavado de Finos y del Slump Flow por el Método de Máxima Compacidad

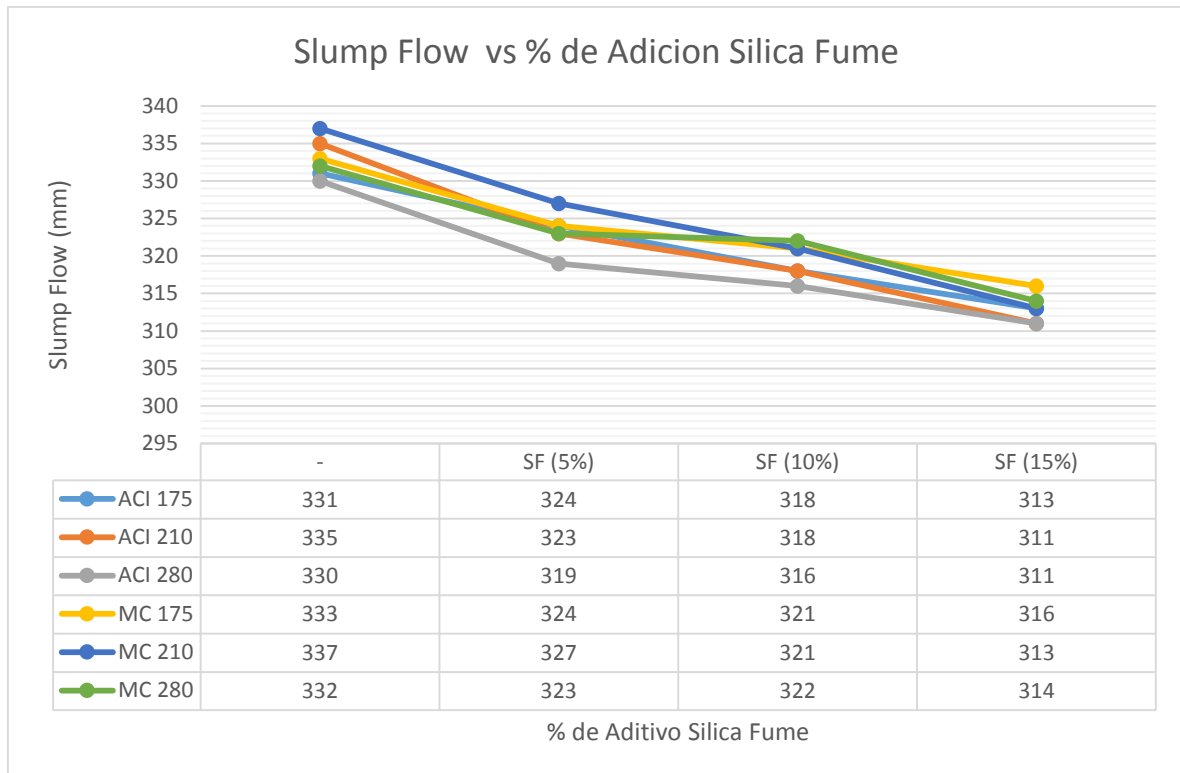
Método	Resistencia (kg/cm ²)	Aditivo	Slump Flow	Agregado Fino	Cemento	Partículas Finas	Promedio Lavado (%)
MÁX. COMP.	175	-	333	848.10	326.43	1174.53	12.94
		SF (5%)	324				9.81
		SF (10%)	321				7.66
		SF (15%)	316				6.07
		EA (E1*)	328				8.68
		EA (E2**)	323				7.29
		EA (E3***)	319				5.59
		-	337				12.90
	210	SF (5%)	327	9.72			
		SF (10%)	321	7.61			
		SF (15%)	313	6.01			
		EA (E1*)	324	8.63			
		EA (E2**)	321	7.19			
		EA (E3***)	317	5.44			
		-	332	12.79			
		280	SF (5%)	323	9.64		
	SF (10%)		322	7.48			
	SF (15%)		314	5.91			
	EA (E1*)		324	8.49			
	EA (E2**)		322	7.12			
	EA (E3***)		317	5.39			

4.4. ANÁLISIS COMPARATIVO ENSAYOS EN ESTADO FRESCO

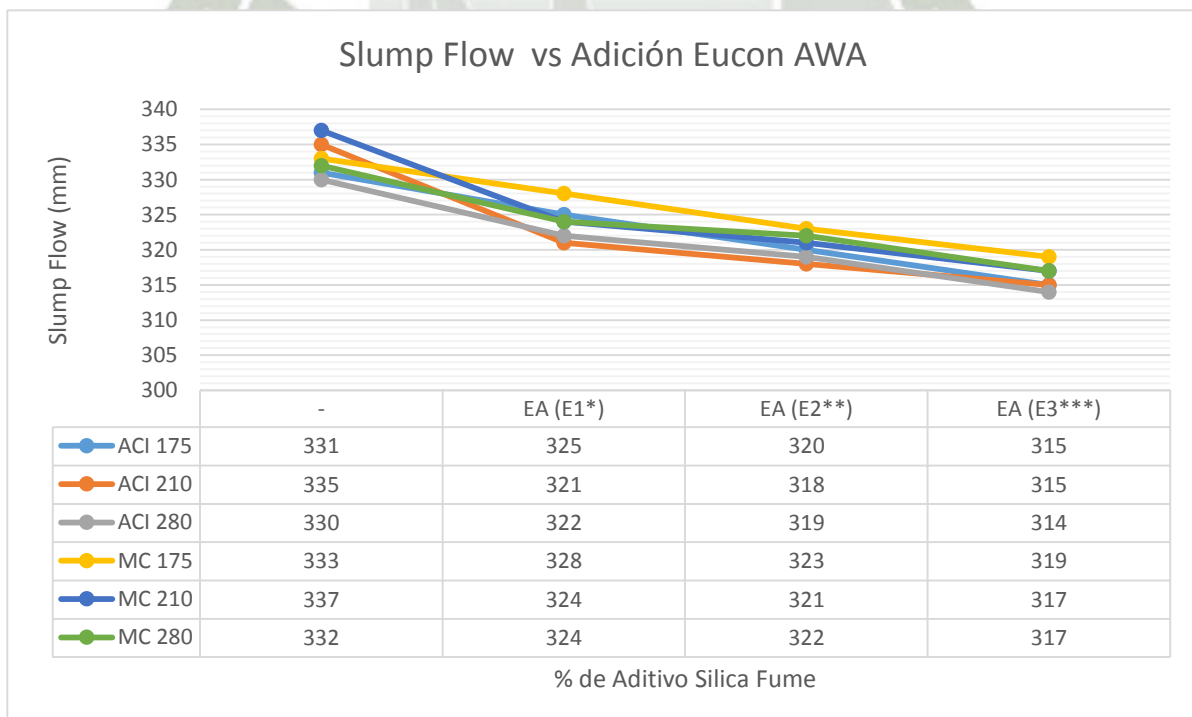
4.4.1. ANÁLISIS DEL ASENTAMIENTO, SLUMP

En las gráficas expuestas a continuación se muestra la evolución del revenimiento, producido por los dos métodos e influenciado por los aditivos, hay que tomar en cuenta que aunque las gráficas muestran una tendencia,

no son exactas al ser influenciadas por aditivo súper plastificante, con el fin de tener las plasticidades necesarias de cumplir con el método tremie.



Gráfica 4.1 *Análisis del slump de acuerdo a la cantidad de Silica fume*



Gráfica 4.2 *Análisis de slump de acuerdo a la cantidad de Eucon AWA*

4.4.2. ANALISIS DE LA PÉRDIDA DE FINOS

El análisis de la pérdida de finos consiste en un ensayo empírico, encargado de calcular la cantidad de pérdidas de partículas finas, que se desprenden de la mezcla de concreto después de entrar en contacto con el agua.

El método de uso para la presente investigación está basado en la norma estadounidense "Specification for Antiwashout Admixtures for Concrete", y usando equipos fabricados específicamente para esta ocasión, sin calibración ni certificados.

Se basa en llenar un tubo con agua a determinada altura, y dentro de él sumergir un recipiente contenedor con una determinada cantidad de muestra de concreto varillada, luego de permanecer un tiempo de 15 segundos sumergidos, elevar el recipiente y calcular la pérdida de masa.



Figura 4.1 Tubo cilíndrico de 200 mm de diámetro, lleno de agua.



Figura 4.2 Introducción de recipiente contenedor, en el tubo cilíndrico.



Figura 4.3 Proceso de verificación de la pérdida de masa.

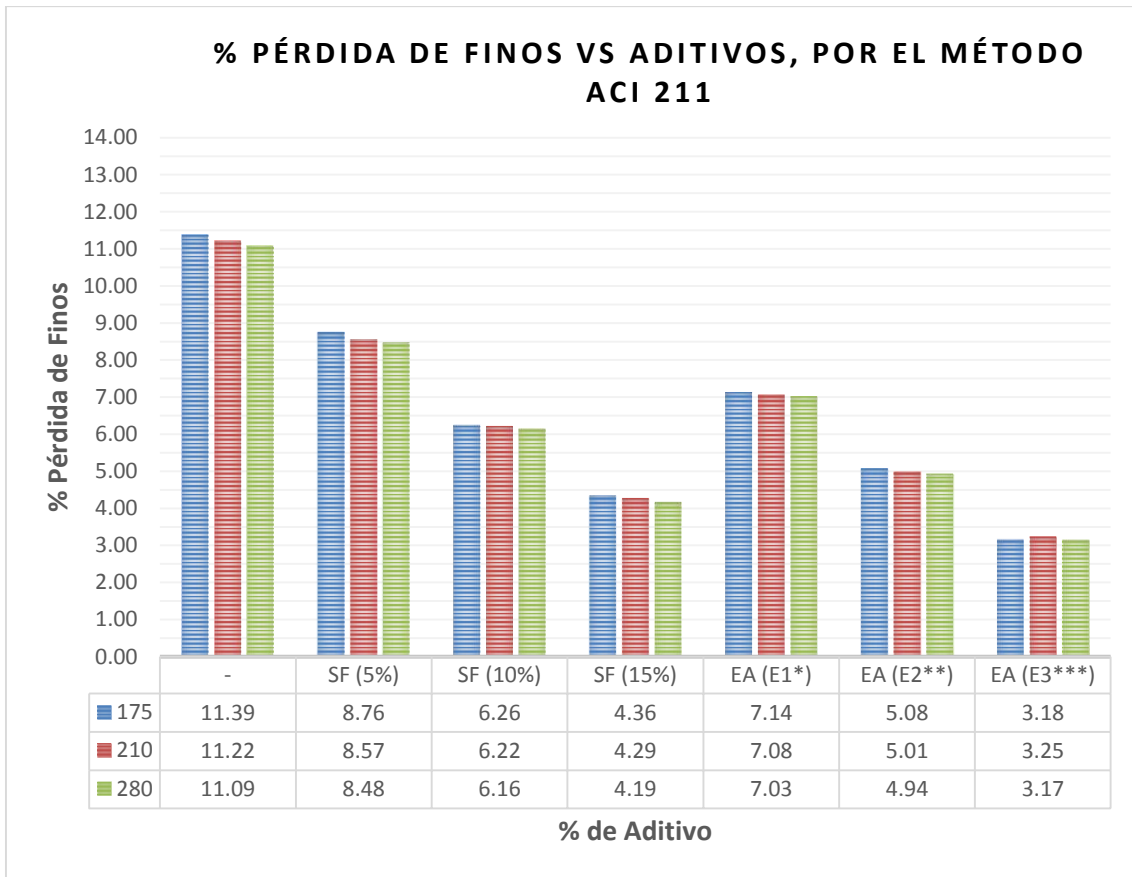


Figura 4.4 Proceso de sumergido de contenedor cilíndrico.

4.4.2.1. INFLUENCIA DE LA PÉRDIDA DE FINOS SEGÚN LOS ADITIVOS

Las gráficas de esta sección muestran la eficiencia que los dos tipos de aditivos tuvieron en las mezclas usadas.

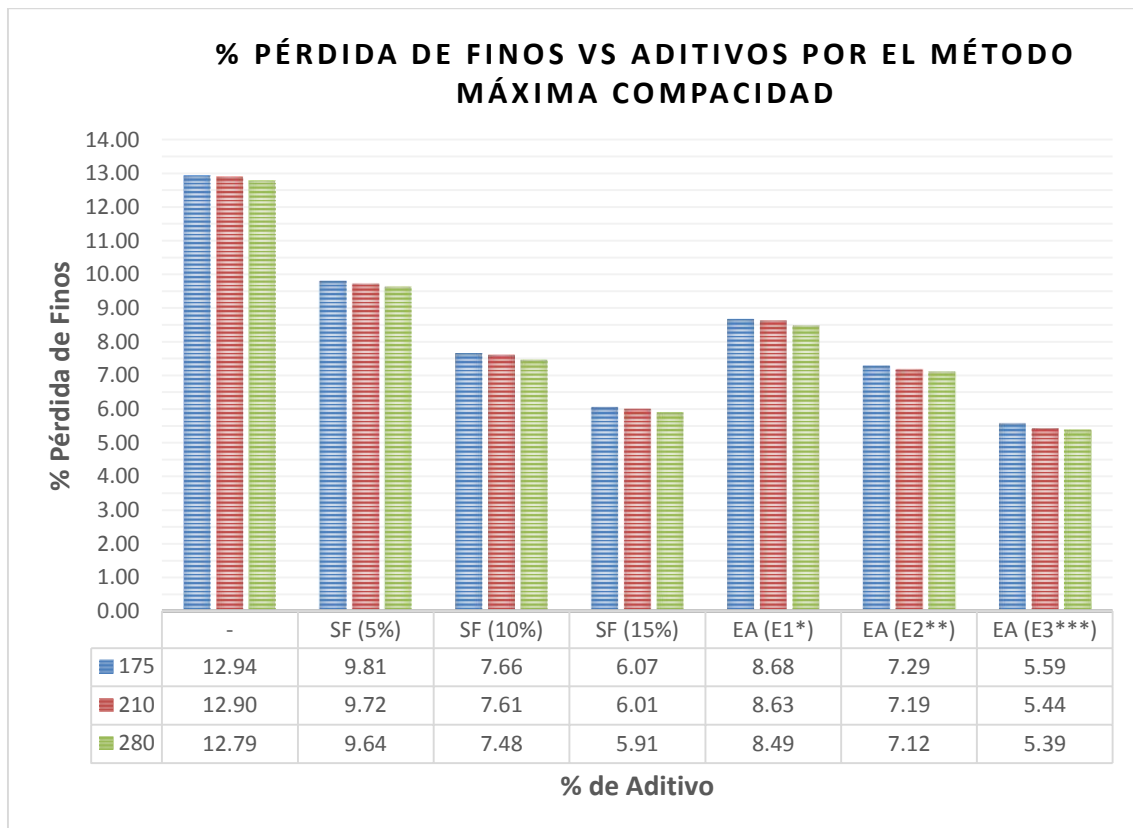
- Según método ACI 211



Gráfica 4.3 *Pérdida de finos de acuerdo a la dosificación de aditivos por el método ACI 211*

- ❖ Vemos como se lava por igual a diferentes resistencias, solo existiendo variaciones cuando hablamos de dosificaciones distintas.
- ❖ También observamos los mejores resultados mostrados por Eucon Awa, evitando el lavado en mejores proporciones.

- Según método de Máxima Compacidad:



Gráfica 4.4 *Pérdida de finos de acuerdo a la dosificación de aditivos por método de Máxima Compacidad*

- ❖ Se observa en la gráfica que sin importar la resistencia hay una consistencia en la efectividad en ambas clases de aditivos.
- ❖ Con el uso de ambos aditivos se observa que se llega a reducir el lavado significativamente, siendo el aditivo de EUCO más eficiente que el Silica Fume.
- ❖ Se observa que por el método de máxima compacidad hay mayor lavado y menor reducción de este, por medio de aditivos.

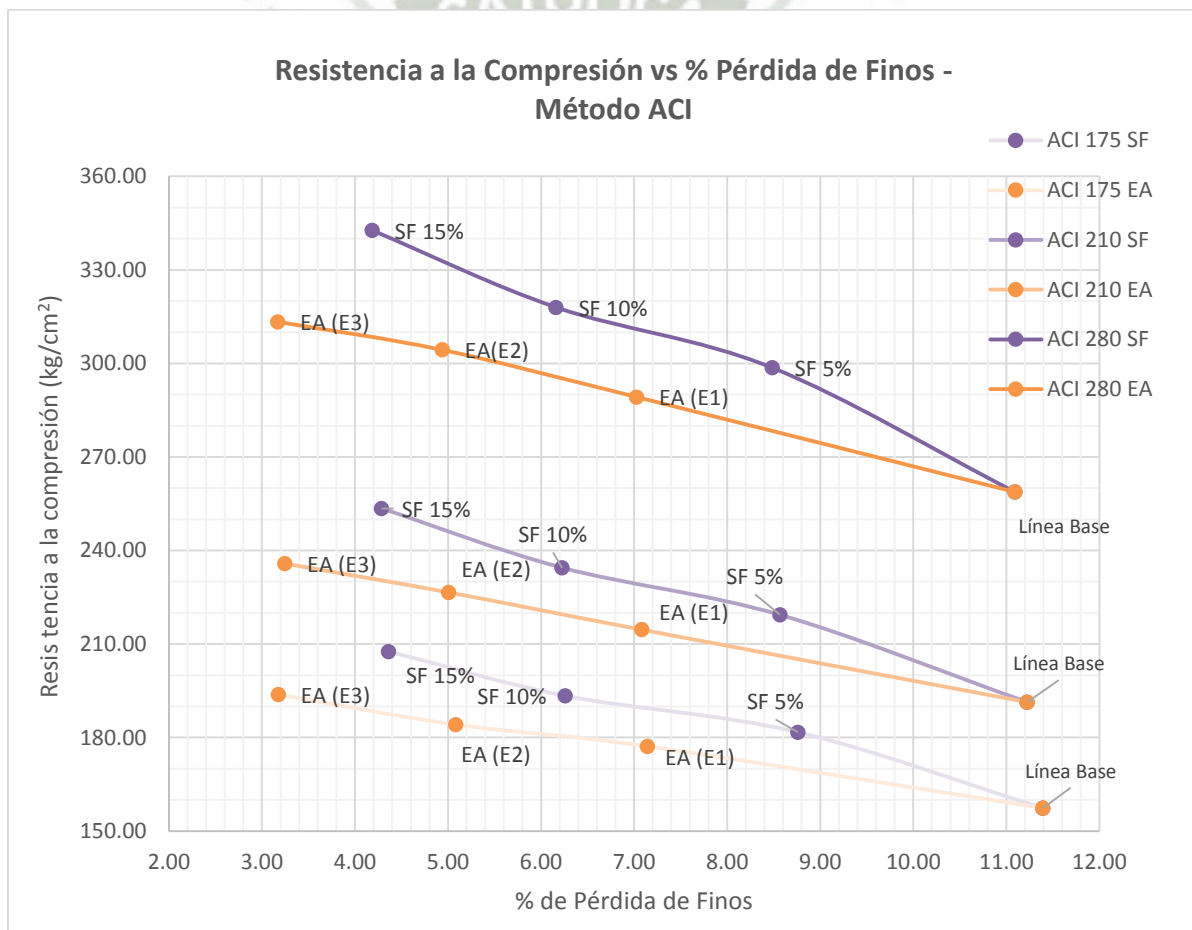
4.4.2.2. INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En las siguientes gráficas, se verá como, la pérdida de materiales finos afecta la resistencia que ofrece el concreto, y en como disminuye con la adición de aditivos cohesivos.

El análisis se hará a cada uno de los métodos de diseño de manera apartada.

Se usó como referencia la resistencia a los 28 días.

- Según el método ACI 211:

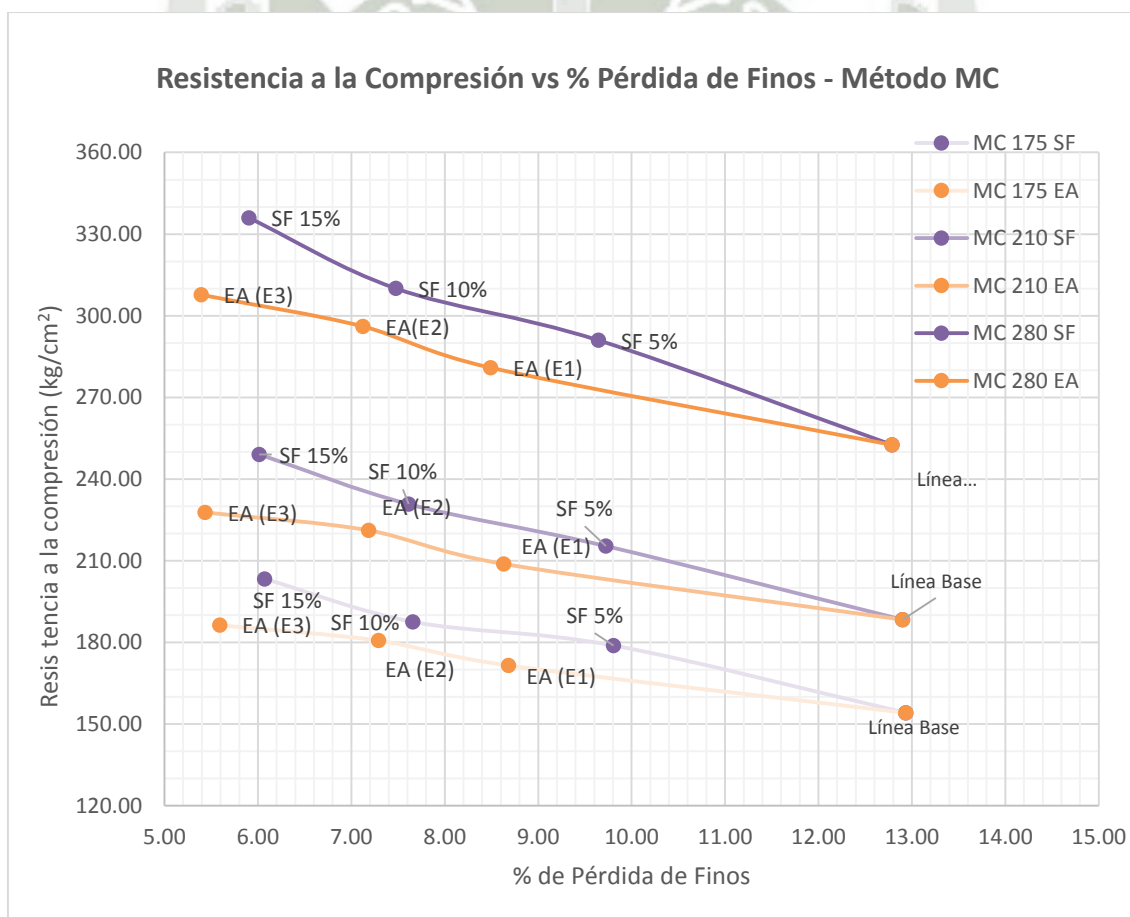


Gráfica 4.5 Influencia de la pérdida de finos en la resistencia a la compresión por el método ACI 211

- ❖ Se puede desprender de la gráfica, en donde las curvas referentes a resistencias de 175 kg/cm², son las que empiezan

con mayor cantidad de pérdida de partículas finas, en comparación de resistencias mayores.

- ❖ Podemos ver que el uso de aditivo EUCO en comparación con Silica Fume dio menores porcentajes de lavado, aunque la diferencia en su eficiencia su disminuyendo conforme aumentaba la dosificación.
- ❖ A pesar de lavarse más Silica Fume dio mayores resistencias a la compresión, siendo más pronunciada la diferencia a la resistencia de 280 kg/cm².
- Según el método de Máxima Compacidad:



Gráfica 4.6 *Influencia de la pérdida de finos en la resistencia a la compresión por el método de máxima compacidad*

- ❖ Al igual que en la anterior gráfica, las curvas referentes a resistencias de 175 kg/cm², son las que empiezan con mayor

cantidad de pérdida de partículas finas, en comparación de resistencias mayores.

- ❖ El uso de aditivo EUCO en comparación con Silica Fume dio menores porcentajes de lavado, aunque la diferencia en su eficiencia su disminuyendo conforme aumentaba la dosificación.
- ❖ A pesar de lavarse más Silica Fume dio mayores resistencias a la compresión, siendo a menores resistencias menos evidente.
- ❖ Se observa que la reducción de lavado inicial es muy significativo, en las dos clases de aditivo.

4.4.3. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

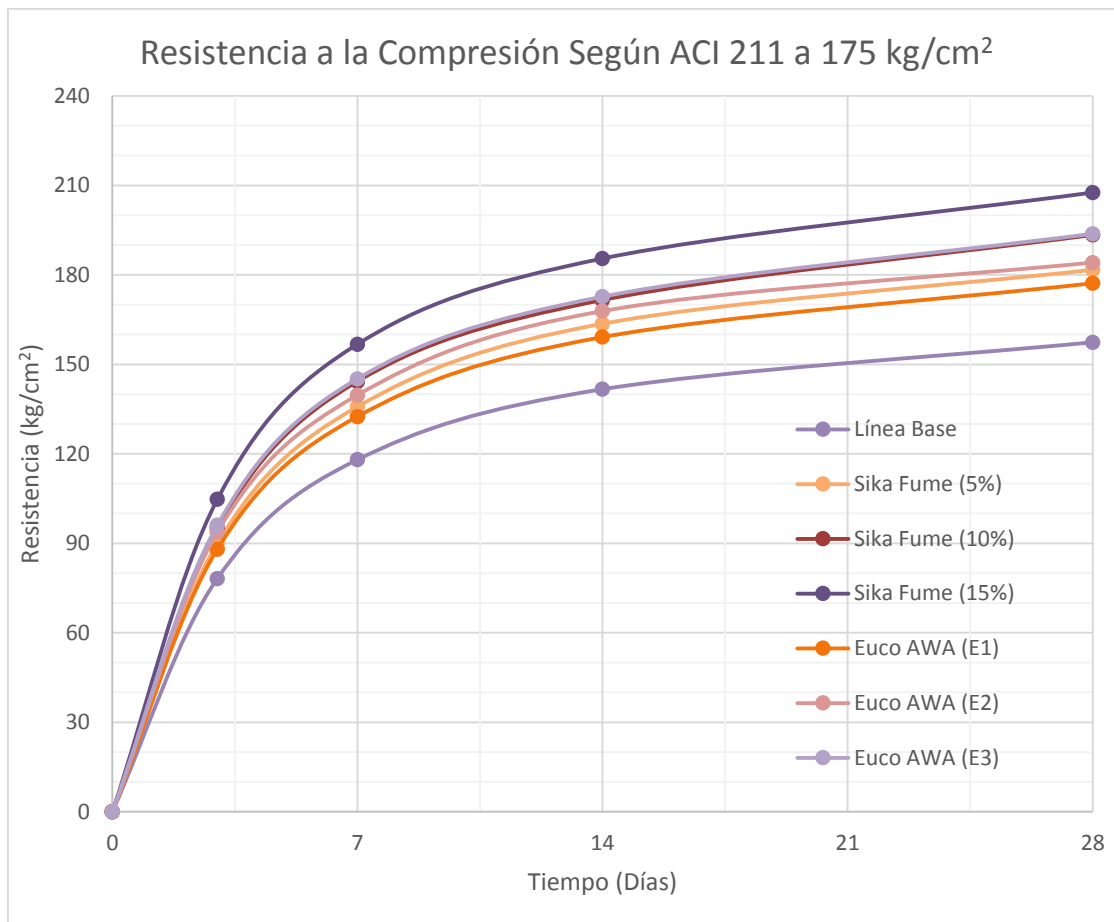
4.4.3.1. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO EL MÉTODO DEL ACI 211

En las siguientes gráficas se mostrara la evolución de las resistencias en compresión con el uso de aditivos de marcas diferentes, con el objetivo de ver como desarrollan estas resistencias a diferentes edades.

Para ello se usó el promedio de las resistencias expuestas con anterioridad.

Se graficaran a tres (3) resistencias diferentes.

• A 175 kg/cm²:



Gráfica 4.7 Curva de resistencia a la compresión 175 kg/cm², por el método ACI 211

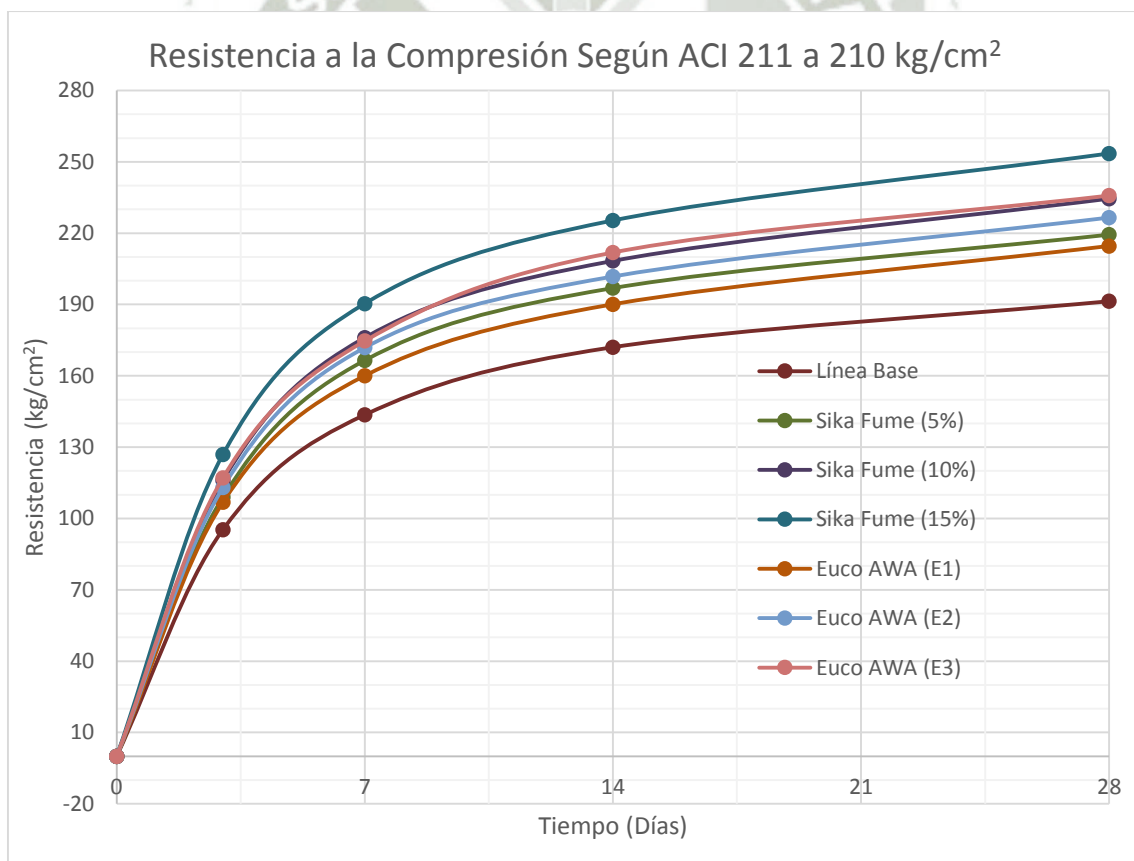
Tabla 4.11 Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211 a 175 kg/cm²

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211 (kg/cm ²)							
	Edad	-	5	10	15	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	78.20	89.95	95.19	104.73	88.06	93.75	96.13
	7	118.03	135.80	144.29	156.76	132.50	139.69	145.17
	14	141.66	163.62	171.58	185.49	159.14	167.85	172.70
	28	157.40	181.70	193.39	207.61	177.19	184.14	193.78

Tabla 4.12 Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 175 kg/cm² por el Método ACI 211

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211 (PORCENTAJE DE DISEÑO)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	44.69	51.40	54.40	59.85	50.32	53.57	54.93
	7	67.45	77.60	82.45	89.57	75.72	79.82	82.96
	14	80.95	93.50	98.04	105.99	90.94	95.92	98.69
	28	89.94	103.83	110.51	118.64	101.25	105.22	110.73

- ❖ Se puede verificar que producto del lavado de partículas existe una disminución en la resistencia cuando no hay adición de ninguna clase de aditivos.
- ❖ La disminución de la resistencia queda paliada al usar aditivos incluso en sus mínimas dosificaciones.
- ❖ Con el uso de Silica Fume en resistencia de 175 kg/cm² se observa que aumenta las resistencias en relación a la resistencia a la que fue diseñada desde un 3% a 18%.
- ❖ Con el uso de Euco AWA, se observa aumentos de su resistencia con respecto al diseño entre 1 y 10% en la resistencia de 175 kg/cm², por lo que su efecto demuestra ser reducir el efecto del agua más que aumentar resistencias.
- **A 210 kg/cm²:**



Gráfica 4.8 Curva de resistencia a la compresión 210 kg/cm², por el método ACI 211

Tabla 4.13 Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211 a 210 kg/cm²

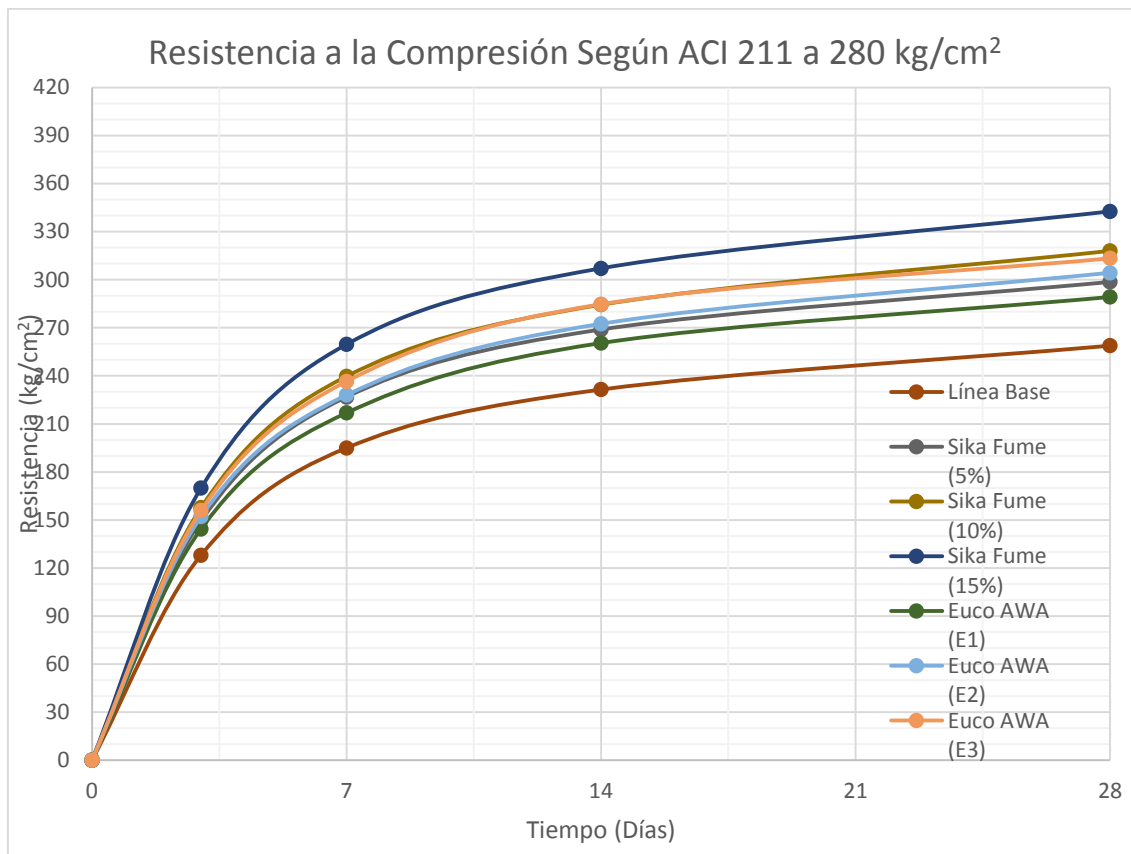
Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211							
	Edad	-	5	10	15	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
210	3	95.33	108.99	116.06	126.96	106.84	113.09	117.13
	7	143.60	166.50	176.03	190.39	160.03	171.84	174.66
	14	172.03	196.90	208.31	225.33	190.08	201.76	211.85
	28	191.36	219.37	234.50	253.50	214.61	226.55	235.80

Tabla 4.14 Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 210 kg/cm² por el Método ACI 211

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211 (PORCENTAJE DE DISEÑO)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
210	3	45.40	51.90	55.26	60.46	50.87	53.85	55.78
	7	68.38	79.28	83.82	90.66	76.21	81.83	83.17
	14	81.92	93.76	99.20	107.30	90.51	96.07	100.88
	28	91.12	104.46	111.66	120.72	102.19	107.88	112.29

- ❖ Observamos que en la muestra sin adición de aditivos hay una reducción de resistencia.
- ❖ Al adicionar aditivos se reduce la pérdida de finos y se produce aumentos en su resistencia.
- ❖ Con el uso de Silica Fume en resistencia de 175 kg/cm² se observa que aumenta las resistencias en relación a la resistencia a la que fue diseñada desde un 4% a 20%.
- ❖ Con el uso de Euco AWA, se observa aumentos de su resistencia con respecto al diseño entre 2 y 12% en la resistencia de 175 kg/cm², por lo que su efecto demuestra ser reducir el efecto del agua más que aumentar resistencias.

• A 280 kg/cm²:



Gráfica 4.9 Curva de resistencia a la compresión 280 kg/cm², por el método ACI 211

Tabla 4.15 Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211 a 280 kg/cm²

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211							
	Edad	-	5	10	15	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
280	3	128.02	149.50	157.65	169.90	144.38	152.09	155.91
	7	194.97	226.79	239.64	259.62	216.83	228.00	236.52
	14	231.41	268.92	284.37	307.08	260.44	272.46	284.69
	28	258.78	298.61	317.99	342.65	289.22	304.34	313.34

Tabla 4.16 Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 280 kg/cm² por el Método ACI 211

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211 (PORCENTAJE DE DISEÑO)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
280	3	45.72	53.39	56.30	60.68	51.56	54.32	55.68
	7	69.63	81.00	85.59	92.72	77.44	81.43	84.47
	14	82.65	96.04	101.56	109.67	93.02	97.31	101.68
	28	92.42	106.65	113.57	122.38	103.29	108.69	111.91

- ❖ Observamos una reducción de hasta 8% en su resistencia a los 28 días, producto del lavado de finos.
- ❖ Se produce una inhibición de los efectos del agua al aplicar aditivos.
- ❖ Con el uso de Silica Fume en resistencia de 175 kg/cm² se observa que aumenta las resistencias en relación a la resistencia a la que fue diseñada desde un 6% a 22%.
- ❖ Con el uso de Euco AWA, se observa aumentos de su resistencia con respecto al diseño entre 3 y 11% en la resistencia de 175 kg/cm², no se observan aumentos significativos de resistencia, más si reprime las consecuencias del lavado de partículas finas.

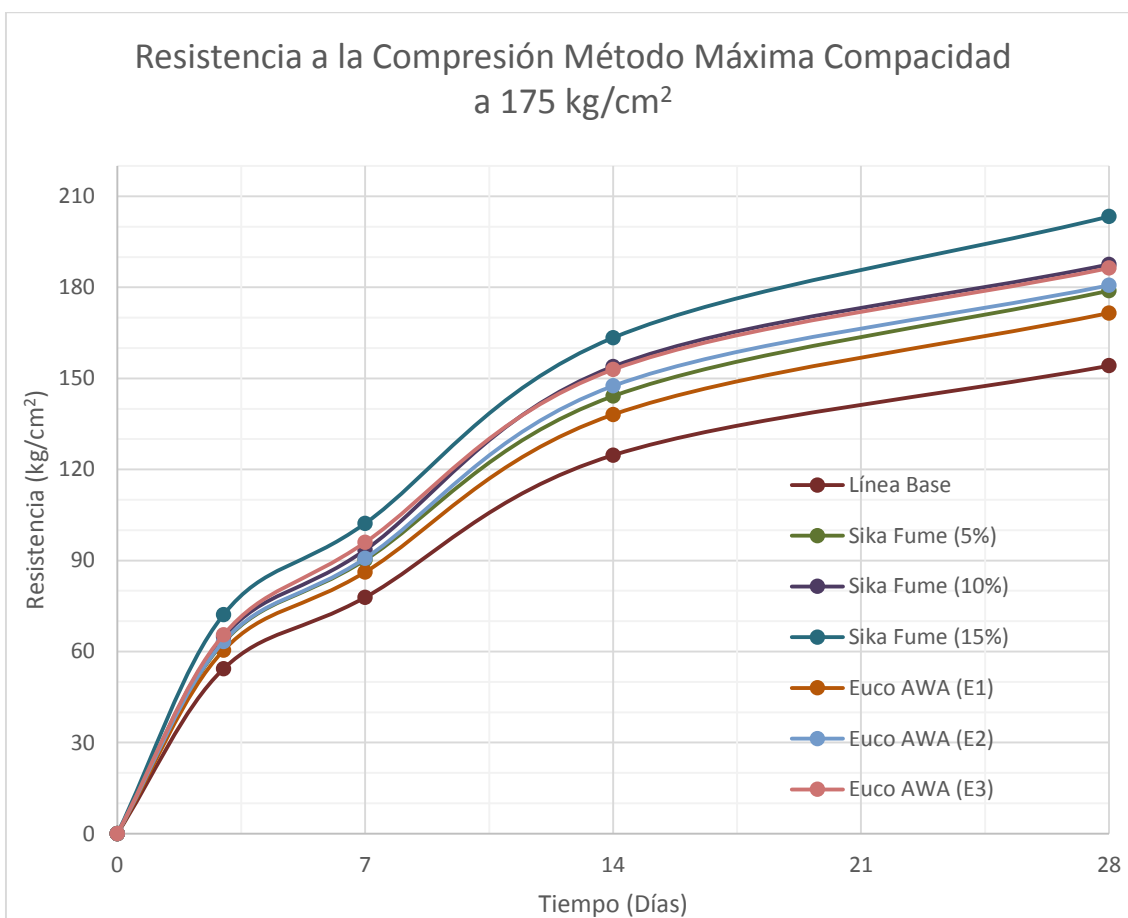
4.4.3.2. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN USANDO EL MÉTODO DE MÁXIMA COMPACIDAD

En las siguientes gráficas se mostrara la evolución de las resistencias en compresión con el uso de aditivos de marcas diferentes, con el objetivo de ver como desarrollan estas resistencias a diferentes edades.

Para ello se usó el promedio de las resistencias expuestas con anterioridad.

Se graficaran a tres (tres) resistencias diferentes.

• A 175 kg/cm²:



Gráfica 4.10 Curva de resistencia a la compresión 175 kg/cm², por el método de máxima compacidad

Tabla 4.17 Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad a 175 kg/cm²

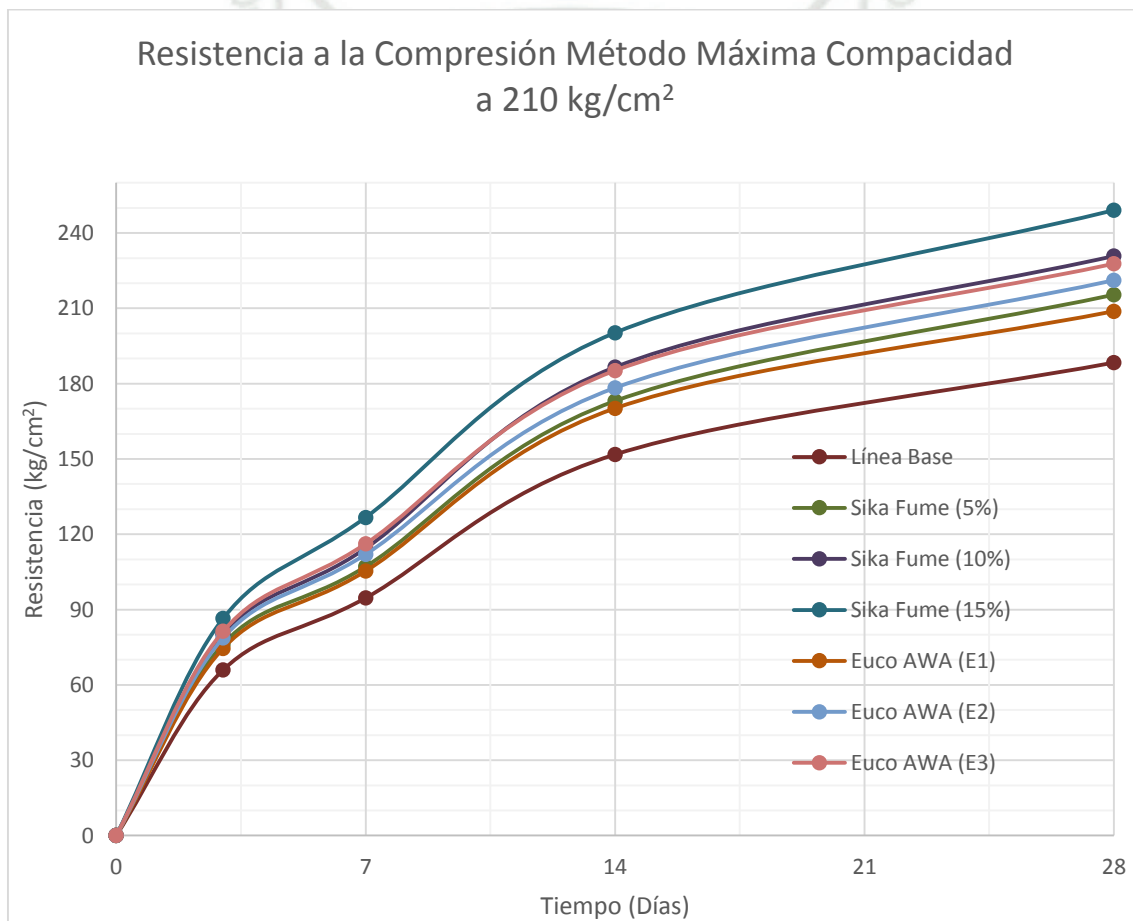
Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD							
	Edad	-	5	10	15	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	54.34	63.03	64.90	72.17	60.41	63.29	65.54
	7	77.86	90.21	93.48	102.25	86.20	90.75	96.00
	14	124.70	144.16	153.89	163.40	138.09	147.51	152.92
	28	154.16	178.88	187.57	203.34	171.54	180.68	186.34

Tabla 4.18 Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 175 kg/cm² por el Método de Máxima Compacidad

Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD (PORCENTAJE DE DISEÑO)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	31.05	36.02	37.09	41.24	34.52	36.17	37.45
	7	44.49	51.55	53.42	58.43	49.26	51.86	54.86
	14	71.26	82.38	87.94	93.37	78.91	84.29	87.38
	28	88.09	102.22	107.18	116.19	98.02	103.25	106.48

- ❖ Se observa que hasta los 7 días hay una evolución lenta de la resistencia.
- ❖ A esta resistencia los aditivos apenas logran paliar el efecto del agua, mostrando un aumento significativo recién en sus máximas dosificaciones.
- ❖ No hay aumentos considerables de resistencia en ninguna de las dosificaciones.

- **A 210 kg/cm²:**



Gráfica 4.11 Curva de resistencia a la compresión 210 kg/cm², por el método de máxima compacidad

Tabla 4.19 Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad a 210 kg/cm²

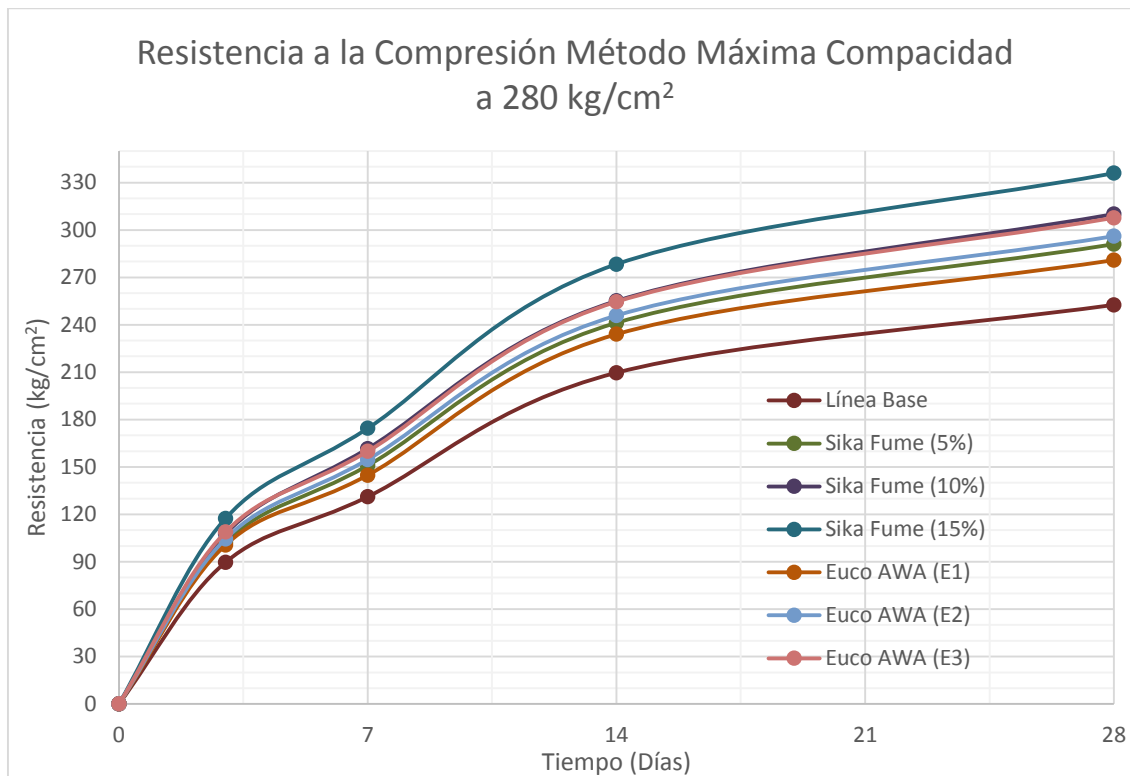
Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD (kg/cm ²)							
	Edad	-	5	10	15	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
210	3	65.97	76.24	80.28	86.48	74.58	78.75	81.36
	7	94.62	107.13	114.40	126.72	105.37	112.02	116.24
	14	151.79	173.10	186.56	200.27	170.18	178.34	185.22
	28	188.38	215.42	230.82	249.09	208.84	221.18	227.76

Tabla 4.20 Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 210 kg/cm² por el Método de Máxima Compacidad

Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD (PORCENTAJE DE DISEÑO)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
210	3	31.41	36.30	38.23	41.18	35.51	37.50	38.74
	7	45.06	51.02	54.48	60.34	50.17	53.34	55.35
	14	72.28	82.43	88.84	95.37	81.04	84.93	88.20
	28	89.71	102.58	109.91	118.61	99.45	105.32	108.46

- ❖ Con la resistencia de 210 kg/cm² se aprecia aumento de resistencia a los primeros días de vaciado.
- ❖ El aditivo de Silica Fume muestra aumento significativo de resistencia en dosificaciones de 15%.
- ❖ El aditivo de Euco AWA dio resultados alentadores desde la dosificación de EA (E2).

• A 280 kg/cm²:



Gráfica 4.12 Curva de resistencia a la compresión 280 kg/cm², por el método de máxima compacidad

Tabla 4.21 Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad a 280 kg/cm²

Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD (kg/cm ²)							
	Edad	-	5	10	15	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
280	3	89.66	102.36	107.74	117.41	100.61	104.48	108.81
	7	131.13	150.86	161.62	174.42	144.79	154.68	159.86
	14	209.65	241.24	255.07	278.33	234.00	245.84	254.55
	28	252.60	290.99	310.05	335.94	280.92	296.08	307.69

Tabla 4.22 Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 280 kg/cm² por el Método de Máxima Compacidad

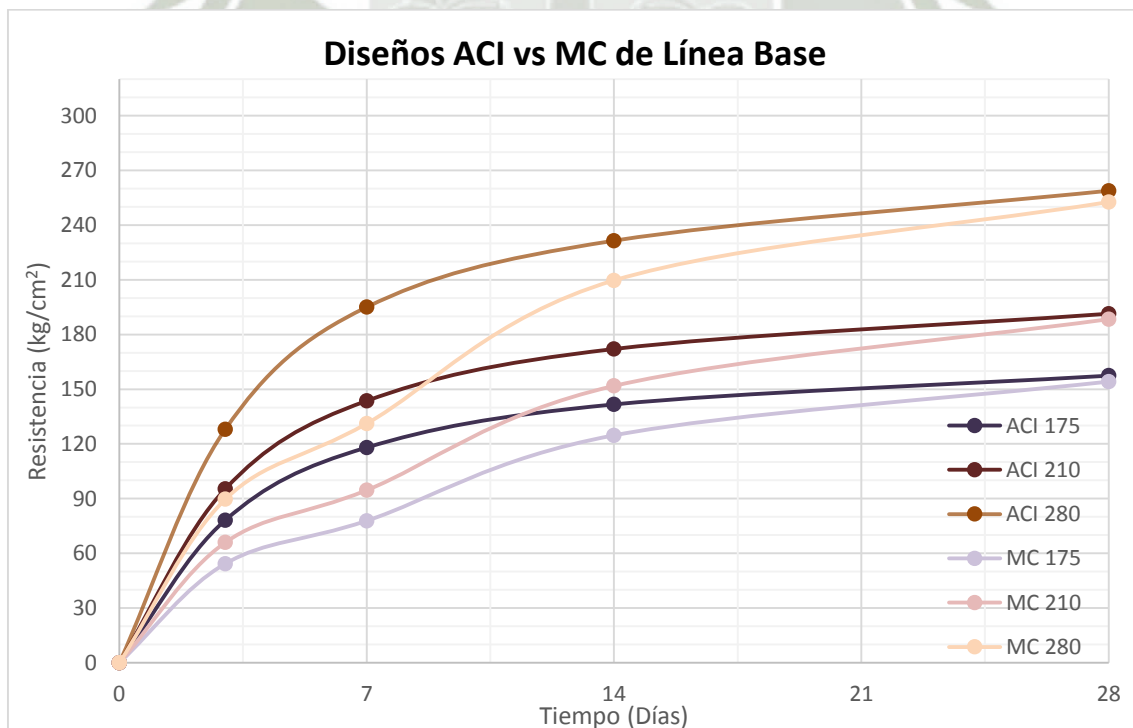
Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD (PORCENTAJE DE DISEÑO)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
280	3	32.02	36.56	38.48	41.93	35.93	37.32	38.86
	7	46.83	53.88	57.72	62.29	51.71	55.24	57.09
	14	74.87	86.16	91.10	99.40	83.57	87.80	90.91
	28	90.21	103.93	110.73	119.98	100.33	105.74	109.89

- ❖ Con la resistencia de 280 kg/cm² se aprecia aumento de resistencia a los primeros días de vaciado.
- ❖ El aditivo de Silica Fume muestra aumento significativo de resistencia en dosificaciones de 15%.
- ❖ El aditivo de Euco AWA dio resultados alentadores desde la dosificación de EA (E2); y aumento considerable de resistencia EA (E3).

4.4.3.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE MÉTODO ACI 211 Y MÁXIMA COMPACIDAD

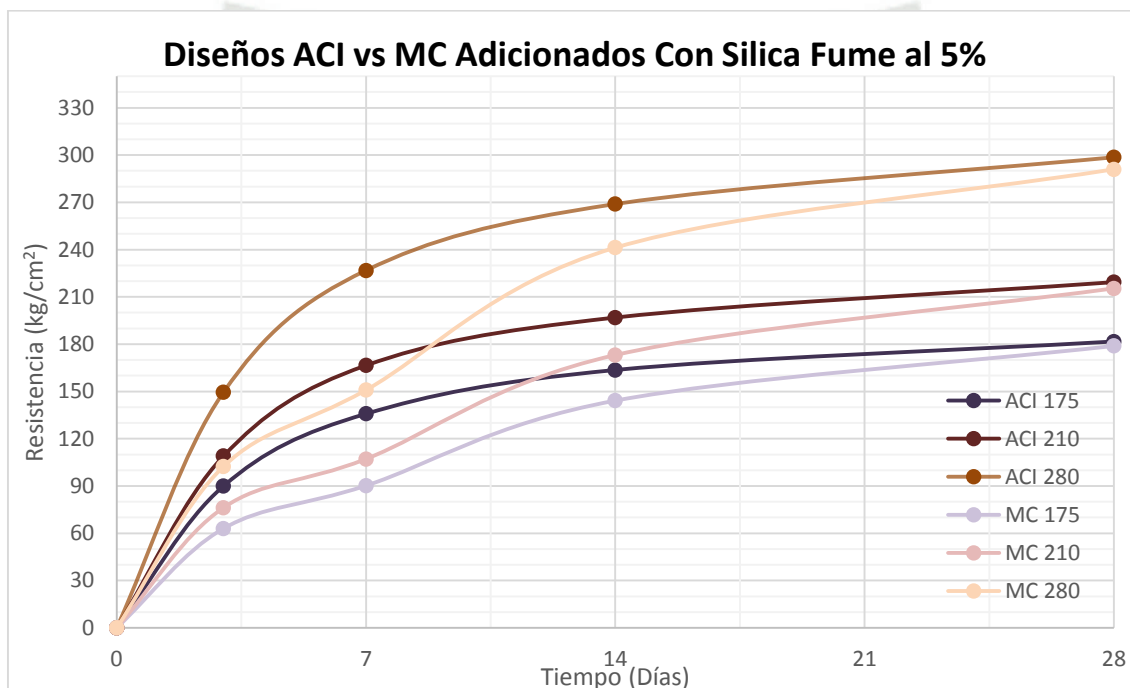
En los siguientes gráficos se mostrarán los resultados comparando los dos diseños usados, el primero siguiendo el código ACI 211 y el de máxima compacidad, de tal forma que se pueda observar con cual se obtuvieron resultados más confiables y de menor incertidumbre.

Los análisis se hicieron a diferentes edades y con el uso de dos aditivos diferentes a diferentes dosificaciones.



Gráfica 4.13 Resistencias a la compresión sin adición de aditivos

- ❖ El método de máxima compacidad da resistencias por debajo de las de ACI en todas las edades.
- ❖ Se nota un lento avance de la resistencia, a primeras edades con el método de MC.
- ❖ El diseño ACI desarrolla a primeros días resistencias altas.
- ❖ En ambos diseño la resistencia es por debajo de la que fue diseñada.

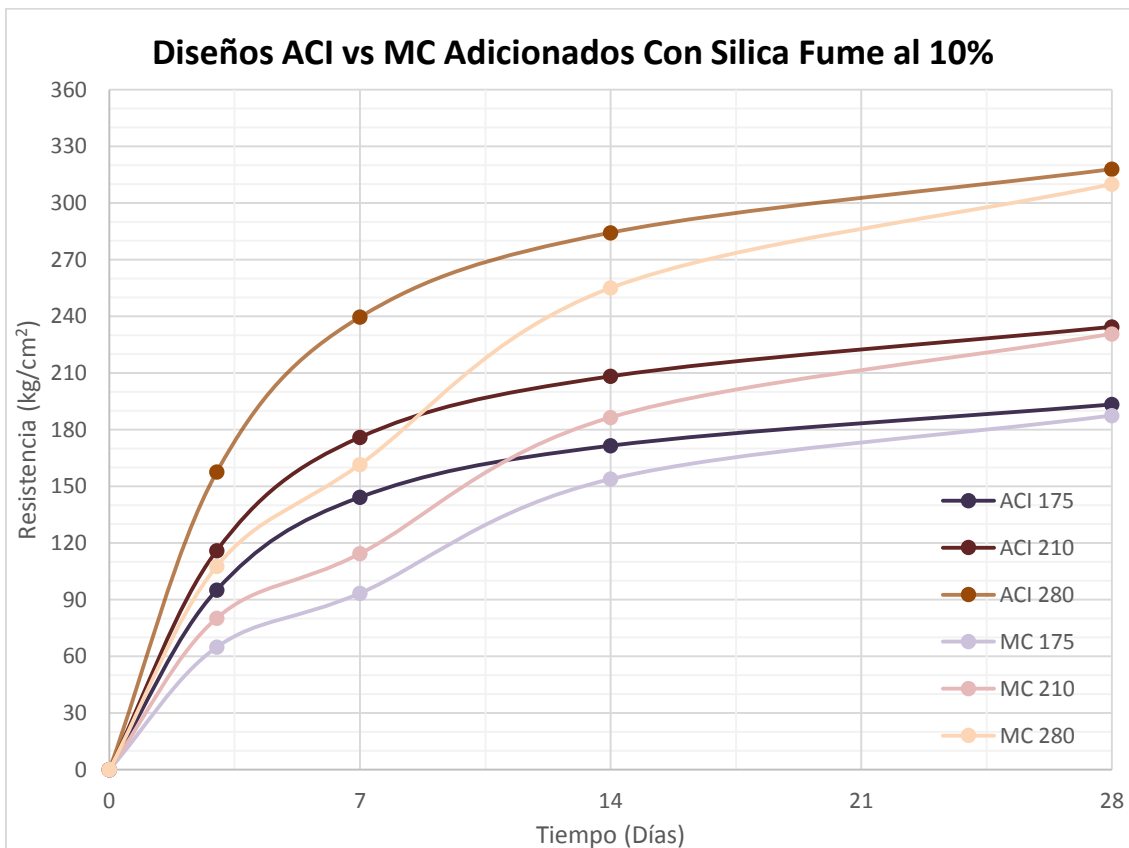


Gráfica 4.14 Resistencias a la compresión con adición de Silica Fume al 5%

Tabla 4.23 Resistencias a la Compresión con Adición de Silica Fume al 5%

Resistencia (kg/cm ²)	5 % SILICA FUME				
	Edad	ACI	MC	% Diseño ACI	% Diseño MC
175	3	89.95	63.03	51.40	36.02
	7	135.80	90.21	77.60	51.55
	14	163.62	144.16	93.50	82.38
	28	181.70	178.88	103.83	102.22
210	3	108.99	76.24	51.90	36.30
	7	166.50	107.13	79.28	51.02
	14	196.90	173.10	93.76	82.43
	28	219.37	215.42	104.46	102.58

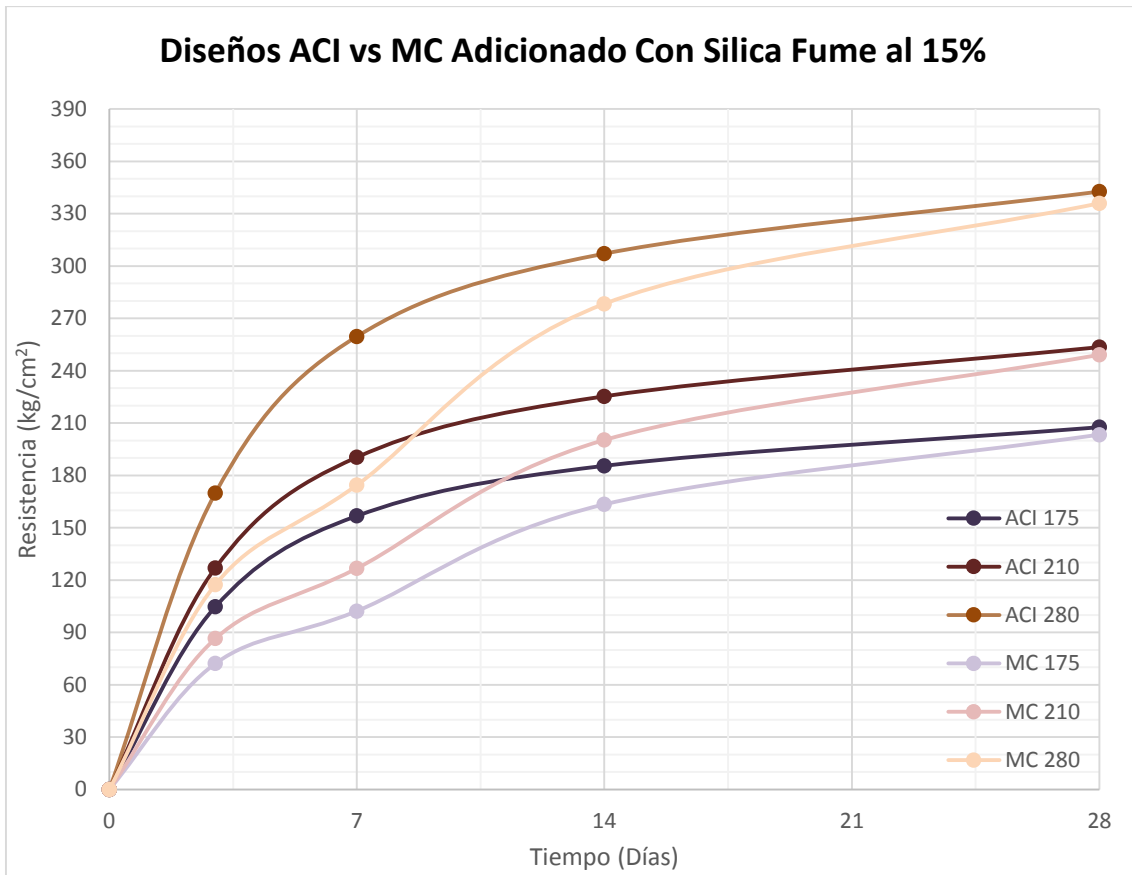
280	3	149.50	102.36	53.39	36.56
	7	226.79	150.86	81.00	53.88
	14	268.92	241.24	96.04	86.16
	28	298.61	290.99	106.65	103.93



Gráfica 4.15 Resistencias a la compresión con adición de Silica Fume al 10%

Tabla 4.24 Resistencias a la Compresión con Adición de Silica Fume al 10%

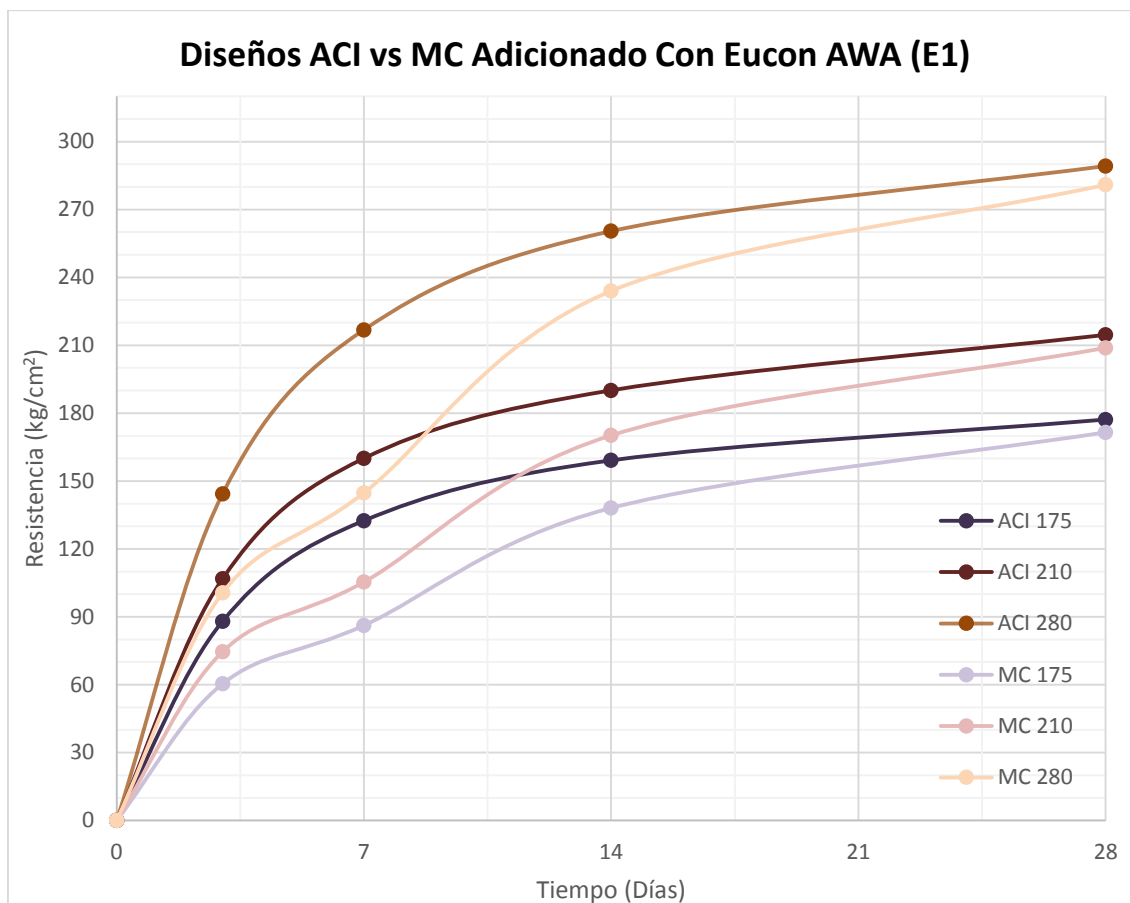
Resistencia (kg/cm ²)	10 % SILICA FUME				
	Edad	ACI	MC	% Diseño ACI	% Diseño MC
175	3	95.19	64.90	54.40	37.09
	7	144.29	93.48	82.45	53.42
	14	171.58	153.89	98.04	87.94
	28	193.39	187.57	110.51	107.18
210	3	116.06	80.28	55.26	38.23
	7	176.03	114.40	83.82	54.48
	14	208.31	186.56	99.20	88.84
	28	234.50	230.82	111.66	109.91
280	3	157.65	107.74	56.30	38.48
	7	239.64	161.62	85.59	57.72
	14	284.37	255.07	101.56	91.10
	28	317.99	310.05	113.57	110.73



Gráfica 4.16 Resistencias a la compresión con adición de Silica Fume al 15%

Tabla 4.25 Resistencias a la Compresión con Adición de Silica Fume al 15%

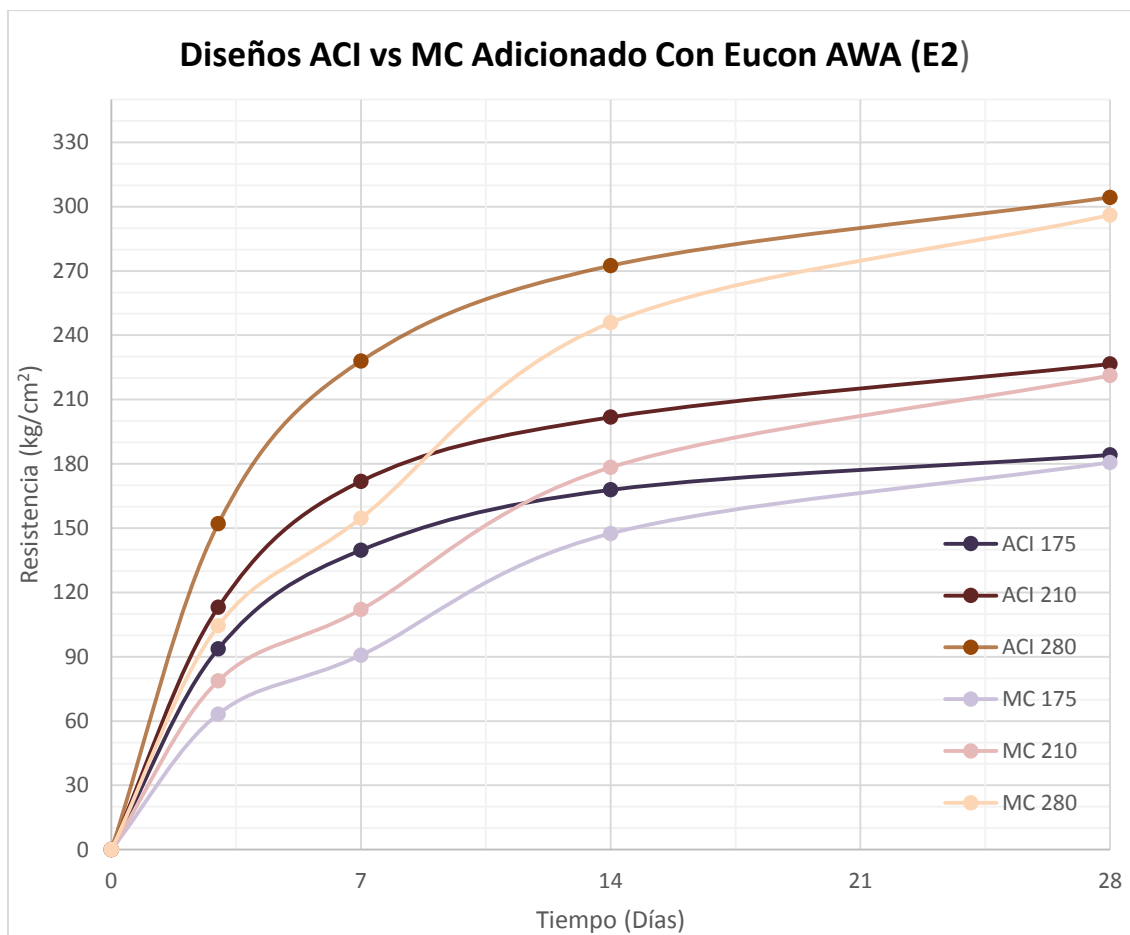
Resistencia (kg/cm ²)	15 % SILICA FUME				
	Edad	ACI	MC	% Diseño ACI	% Diseño MC
175	3	104.73	72.17	59.85	41.24
	7	156.76	102.25	89.57	58.43
	14	185.49	163.40	105.99	93.37
	28	207.61	203.34	118.64	116.19
210	3	126.96	86.48	60.46	41.18
	7	190.39	126.72	90.66	60.34
	14	225.33	200.27	107.30	95.37
	28	253.50	249.09	120.72	118.61
280	3	169.90	117.41	60.68	41.93
	7	259.62	174.42	92.72	62.29
	14	307.08	278.33	109.67	99.40
	28	342.65	335.94	122.38	119.98



Gráfica 4.17 Resistencias a la compresión con adición de EUCON AWA al 0.65 ml/100kg de cemento

Tabla 4.26 Resistencias a la Compresión con Adición de EUCON AWA al 0.65 ml/ 100kg de Cemento

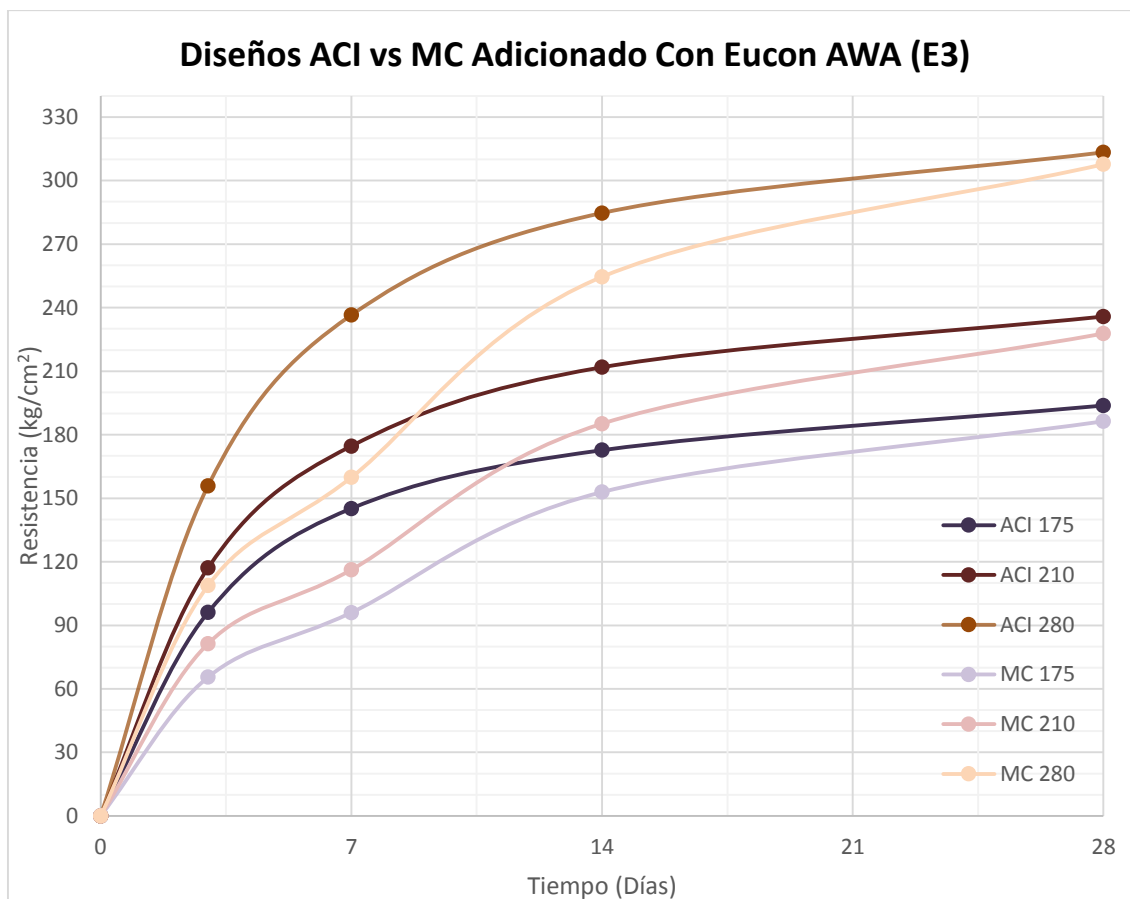
Resistencia (kg/cm ²)	E1				
	Edad	ACI	MC	% Diseño ACI	% Diseño MC
175	3	88.06	60.41	50.32	34.52
	7	132.50	86.20	75.72	49.26
	14	159.14	138.09	90.94	78.91
	28	177.19	171.54	101.25	98.02
210	3	106.84	74.58	50.87	35.51
	7	160.03	105.37	76.21	50.17
	14	190.08	170.18	90.51	81.04
	28	214.61	208.84	102.19	99.45
280	3	144.38	100.61	51.56	35.93
	7	216.83	144.79	77.44	51.71
	14	260.44	234.00	93.02	83.57
	28	289.22	280.92	103.29	100.33



Gráfica 4.18 Resistencias a la compresión con adición de EUCON AWA al 1.37 ml/100kg de cemento

Tabla 4.27 Resistencias a la Compresión con Adición de EUCON AWA al 1.37 ml/100kg de Cemento

Resistencia (kg/cm ²)	E2				
	Edad	ACI	MC	% Diseño ACI	% Diseño MC
175	3	93.75	63.29	53.57	36.17
	7	139.69	90.75	79.82	51.86
	14	167.85	147.51	95.92	84.29
	28	184.14	180.68	105.22	103.25
210	3	113.09	78.75	53.85	37.50
	7	171.84	112.02	81.83	53.34
	14	201.76	178.34	96.07	84.93
	28	226.55	221.18	107.88	105.32
280	3	152.09	104.48	54.32	37.32
	7	228.00	154.68	81.43	55.24
	14	272.46	245.84	97.31	87.80
	28	304.34	296.08	108.69	105.74

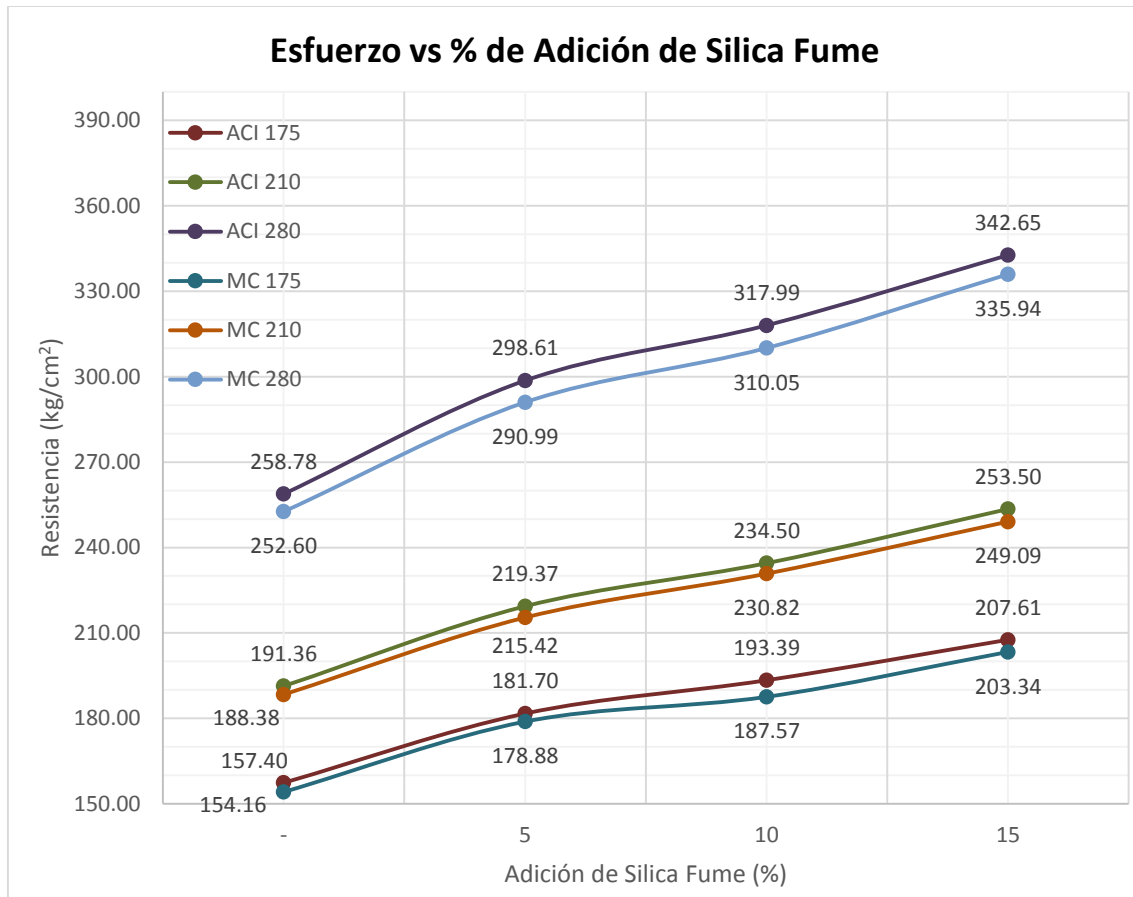


Gráfica 4.19 Resistencias a la compresión con adición de EUCON AWA al 2.1 ml/ 100kg de cemento

Tabla 4.28 Resistencias a la Compresión con Adición de EUCON AWA al 2.1 ml/ 100kg de Cemento

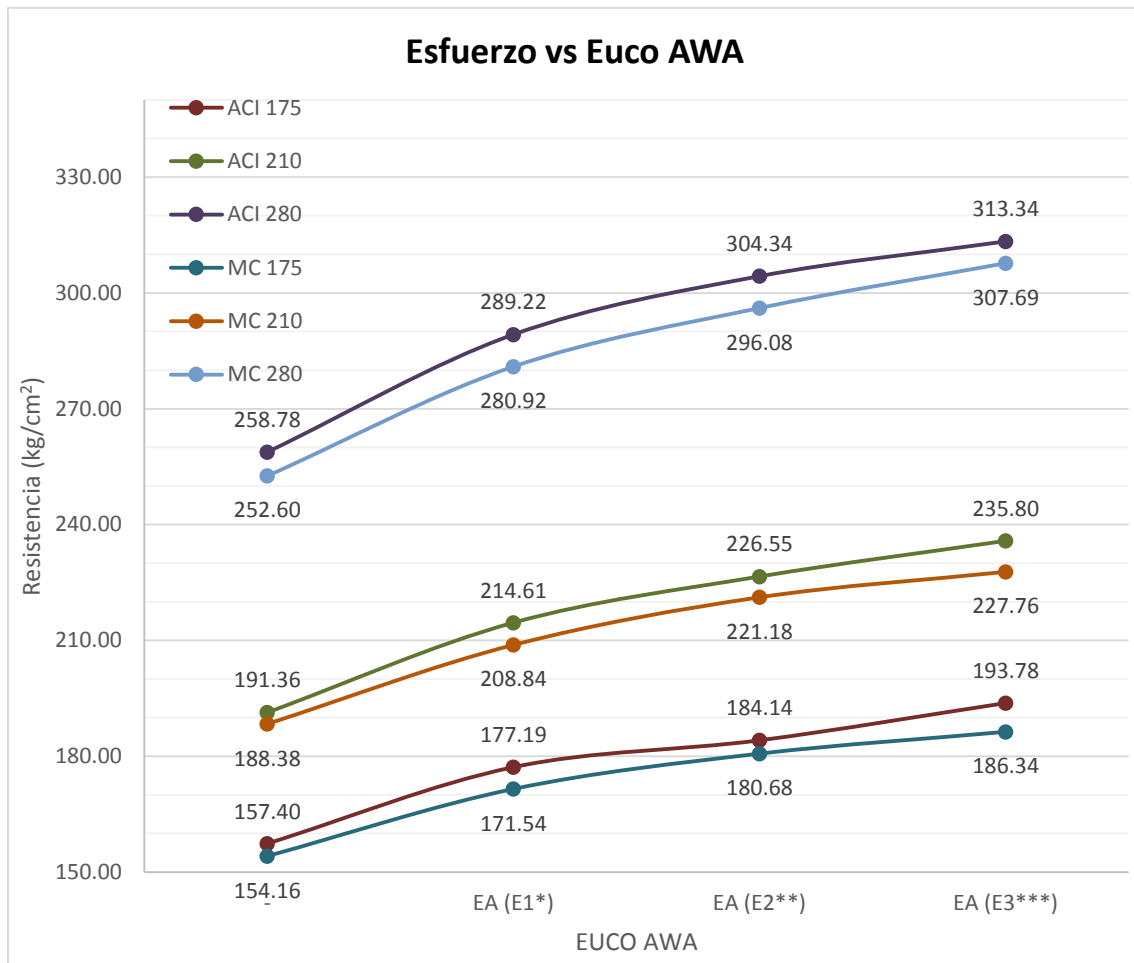
Resistencia (kg/cm ²)	E3				
	Edad	ACI	MC	% Diseño ACI	% Diseño MC
175	3	96.13	65.54	54.93	37.45
	7	145.17	96.00	82.96	54.86
	14	172.70	152.92	98.69	87.38
	28	193.78	186.34	110.73	106.48
210	3	117.13	81.36	55.78	38.74
	7	174.66	116.24	83.17	55.35
	14	211.85	185.22	100.88	88.20
	28	235.80	227.76	112.29	108.46
280	3	155.91	108.81	55.68	38.86
	7	236.52	159.86	84.47	57.09
	14	284.69	254.55	101.68	90.91
	28	313.34	307.69	111.91	109.89

En las siguientes gráficas se muestran resistencias únicamente a 28 días, considerando las dosificaciones.



Gráfica 4.20 Resistencias a 28 días, de acuerdo a la dosificación de Silica Fume

- ❖ En todas las resistencias el método de ACI dio mejores resultados, incrementado el desempeño conforme las resistencias son mayores.
- ❖ La diferencia en las dosificaciones no marca diferencias en términos de porcentaje de incremento en las resistencias a 28 días.



Gráfica 4.21 Resistencias a 28 días, de acuerdo a la dosificación de EUCON AWA

- ❖ En todas las resistencias el método de ACI dio mejores resultados, incrementado el desempeño conforme las resistencias son mayores.
- ❖ La diferencia en las dosificaciones no marca considerables diferencias en términos de porcentaje de incremento en las resistencias a 28 días.

En las siguientes tablas se mostraran en que porcentaje aumentaron la resistencia con relación a las roturas patrón o de línea base.

Tabla 4.29 Porcentaje de Aumento de Resistencias a Partir de la Línea Base de Resistencias a la Compresión, por el Método ACI 211

Resistencia (kg/cm ²)	ACI 211 (Respecto a Línea Base)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	78.20	115.03	121.73	133.92	112.60	119.88	122.92
	7	118.03	115.06	122.25	132.81	112.26	118.35	123.00
	14	141.66	115.50	121.12	130.94	112.34	118.49	121.91
	28	157.40	115.44	122.87	131.90	112.57	116.99	123.11
210	3	95.33	114.32	121.74	133.17	112.07	118.63	122.87
	7	143.60	115.95	122.59	132.59	111.45	119.67	121.63
	14	172.03	114.45	121.09	130.98	110.49	117.28	123.15
	28	191.36	114.64	122.54	132.48	112.15	118.39	123.23
280	3	128.02	116.78	123.14	132.71	112.78	118.80	121.78
	7	194.97	116.32	122.91	133.16	111.21	116.94	121.31
	14	231.41	116.21	122.89	132.70	112.55	117.74	123.03
	28	258.78	115.39	122.88	132.41	111.76	117.60	121.08

Tabla 4.30 Porcentaje de Aumento de Resistencias a Partir de la Línea Base de Resistencias a la Compresión, por el Método de Máxima Compacidad

Resistencia (kg/cm ²)	MÁXIMA COMPACIDAD (Respecto a Línea Base)							
	Edad	-	SF (5%)	SF (10%)	SF (15%)	EA (E1*)	EA (E2**)	EA (E3***)
175	3	61.27	102.87	105.93	117.79	98.60	103.29	106.97
	7	88.09	102.41	106.13	116.08	97.86	103.02	108.99
	14	140.34	102.72	109.65	116.42	98.39	105.11	108.96
	28	175.37	102.00	106.95	115.95	97.81	103.03	106.25
210	3	84.70	90.02	94.78	102.10	88.05	92.98	96.06
	7	126.71	84.55	90.28	100.00	83.15	88.40	91.73
	14	167.45	103.37	111.41	119.60	101.63	106.50	110.61
	28	214.61	100.38	107.55	116.06	97.31	103.06	106.13
280	3	97.55	104.93	110.44	120.36	103.14	107.10	111.54
	7	154.59	97.59	104.55	112.83	93.66	100.06	103.41
	14	223.74	107.82	114.00	124.40	104.58	109.88	113.77
	28	280.05	103.91	110.71	119.96	100.31	105.73	109.87

CAPÍTULO 5. DISEÑO OPTIMIZADO DE CONCRETO ANTIDESLAVE

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hará uso de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, de tal forma que se represente un ahorro en el uso de materiales sin tener que sacrificar la resistencia o la confiabilidad en la calidad final del concreto.

El resultado del diseño tendrá una tendencia a cumplir los requisitos de resistencia a un mínimo de lavado de partículas finas, de esta forma lograr evitar la incertidumbre que genera esta pérdida en el concreto con respecto a la homogeneidad de la mezcla.

5.2. ELECCIÓN DE MÉTODO DE DISEÑO

Del capítulo anterior vemos como el método de máxima compacidad presenta menores resistencias a la compresión en todas las edades de rotura, desde los ensayos de diseño limpio, sin aditivos, y con el uso de las dos clases de aditivos, además de presentar resistencia muy disminuidas a edades de 3 y 7 días.

El diseño ACI 211 presenta una mejor uniformidad en los resultados obtenidos a resistencias a la compresión.

El método del ACI 211 obtuvo mejor desempeño al ser sometido a la acción del agua en la mezcla, permitiendo que se lave una menor cantidad de agregado fino, lo que se traducirá en una mejor durabilidad, reduce la incertidumbre respecto a su homogeneidad y dar mayores resistencias.

Por todo lo anteriormente expuesto, es que se optó por sugerir el método de ACI 211 siempre que se requiera un vaciado debajo de agua. El diseño sugerido estará basado en estos parámetros.

5.3. ELECCIÓN DE LA PÉRDIDA DE FINOS

De las tablas 4.3 y 4.4 expuestos en el capítulo anterior se aprecia que se reduce la cantidad de muestras fallidas a partir de menos del 6% de lavado de partículas finas.

Esto nos lleva a recomendar el uso de dosificaciones de entre 10 a 15% usando el aditivo Silica Fume y dosificaciones de 1.4/100 kg de cemento a 2.1/100 kg de cemento usando Eucon Awa.

El uso de estos aditivos implica una variación en las resistencias a la compresión relacionado con la pérdida de material fino; así como un aumento de resistencia provocado por los aditivos independientemente del contacto con el agua; para lograr optimizar el diseño deberá tomarse en cuenta este aspecto con el fin de cumplir las exigencias de calidad requeridas, evitando hacer uso de exceso de material.

Tabla 5.1 Dosificaciones Recomendadas de Aditivos

	Dosificación	% Pérdida de finos
ACI 211	SF (10%)	6.21
	SF (15%)	4.28
	E2	5.01
	E3	3.20

5.4. RELACIÓN AGUA/CEMENTO

En el diseño de mezcla la relación agua/cemento es el factor que inexorablemente influencia más en la resistencia a la compresión, por lo su selección es una de las partes más importantes del diseño de mezcla.

Como se pudo apreciar en el capítulo anterior los aditivos que permiten una mezcla cohesiva, como los usados, provocan un aumento de la resistencia a la compresión, obteniéndose resultados por encima de la resistencia para la que fue diseñada; de esta manera, es que para optimizar el diseño se hicieron cambios en la relación de tal forma que la mezcla cumpla con los requisitos de resistencia y a un mínimo de influencia en la calidad y durabilidad del concreto.

Debido a la variabilidad de la influencia de los aditivos de diferentes marcas, y a su vez de dosificaciones diferentes usando el mismo tipo de aditivo, es que se seleccionará relaciones diferentes para cada una de ellas.

Las resistencias son de 175 kg/cm², 210 kg/cm², 280 kg/cm².

La relación agua/cemento la escogeremos de la tabla sacada del ACI 211, expuesta en esta investigación en la tabla 3.28, y a su vez, del análisis de la resistencia a compresión con influencia de los aditivos, expuesto en el capítulo 4.

Tabla 5.2 Relaciones Agua/Cemento Recomendadas para Diseño

Marca	Dosificación	Resistencia (kg/cm ²)	a/c
Silica Fume	10%	175	0.64
		210	0.60
		280	0.50
	15%	175	0.67
		210	0.62
		280	0.52
Euco AWA	E2	175	0.63
		210	0.59
		280	0.48
	E3	175	0.64
		210	0.60
		280	0.49

5.5. DISEÑOS DE MEZCLA CONSIDERANDO NUEVAS RELACIONES AGUA/CEMENTO

Para lograr un diseño de mezcla optimizado a cada una de las resistencias requeridas, se consideró usar un solo diseño, el especificado por el ACI 211, así mismo se decidió que se deberían usar dosificaciones diferentes con el objeto de reducir el lavado de partículas finas (Tabla 5.1); estas elecciones fueron escogidas en base a los resultados expuestos en el capítulo 4.

Estos diseños consideran los datos y propiedades físicas de los agregados, obtenidos mediante pruebas de laboratorio y expuestos en el capítulo 3, así como los datos de agua y cemento.

Se calculará nuevas dosificaciones de agregados dependientes de la nueva cantidad de cemento resultante de los nuevos diseños.

Tabla 5.3 Características de los Materiales de Diseño

DATOS DEL AGREGADO FINO			
MÓDULO DE FINEZA		2.56	
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS		2478.99	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD		0.17	%
ABSORCIÓN		1.69	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO		1502.40	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO		1658.73	kg/m ³
datos del agregado grueso			
PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS		2772.97	kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD		0.25	%
ABSORCIÓN		0.58	%
PESO UNITARIO SECO SUELTO		1458.21	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO COMPACTO		1558.97	kg/m ³
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN)		0.75	
datos de diseño			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	f'c =	165	kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	f'cr =	235	kg/cm ²
SLUMP O ASENTAMIENTO		3 a 4	pulgadas
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO TIPO I		2820	kg/m ³
PESO UNITARIO DEL CEMENTO TIPO I		1500.873336	kg/m ³
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA		1000	kg/m ³

5.5.1. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM², SILICA FUME 10%

Tabla 5.4 *Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 10% de Silica Fume*

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)	205		
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)	1000		
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205		
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C	0.64		
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)	318.323		
Volumen de cemento (m ³)	0.113		
Volumen de agua (m ³)	0.205		
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56		
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441		
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102		
Volumen de Aire (%)	2.0		
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	318.32	2820.000	0.113
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.700
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)	0.300		
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m³)	Peso Especifico (kg/m³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.113	2820	318.323
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.300	2478.991597	743.738
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582		
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	745.013		
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327		
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-11.332		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	219.66		
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)	318.323		
Ag Fino (kg)	745.013		
Ag Grueso (kg)	1006.582		
Agua (kg)	219.659		
SUMATORIA	2289.576		

5.5.2. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM², SILICA FUME 10%

Tabla 5.5 *Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 10% de Silica Fume*

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)	205		
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)	1000		
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205		
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C	0.60		
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)	340.645		
Volumen de cemento (m ³)	0.121		
Volumen de agua (m ³)	0.205		
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56		
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441		
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102		
Volumen de Aire (%)	2.0		
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	340.64	2820.000	0.121
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.708
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)	0.292		
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.121	2820	340.645
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.292	2478.991597	724.116
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582		
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	725.356		
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327		
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-11.033		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	219.36		
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)	340.645		
Ag Fino (kg)	725.356		
Ag Grueso (kg)	1006.582		
Agua (kg)	219.360		
SUMATORIA	2291.943		

5.5.3. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM², SILICA FUME 10%

Tabla 5.6 *Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 10% de Silica Fume*

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)	205		
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)	1000		
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205		
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C	0.50		
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)	413.807		
Volumen de cemento (m ³)	0.147		
Volumen de agua (m ³)	0.205		
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56		
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441		
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102		
Volumen de Aire (%)	2.0		
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	413.81	2820.000	0.147
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.734
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)	0.266		
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.147	2820	413.807
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.266	2478.991597	659.801
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582		
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	660.931		
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327		
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-10.053		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	218.38		
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)	413.807		
Ag Fino (kg)	660.931		
Ag Grueso (kg)	1006.582		
Agua (kg)	218.380		
SUMATORIA	2299.700		

5.5.4. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM², SILICA FUME 15%

Tabla 5.7 Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 15% de Silica Fume

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)	205		
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)	1000		
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205		
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C	0.67		
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)	306.886		
Volumen de cemento (m ³)	0.109		
Volumen de agua (m ³)	0.205		
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56		
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441		
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102		
Volumen de Aire (%)	2.0		
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	306.89	2820.000	0.109
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.696
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)	0.304		
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.109	2820	306.886
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.304	2478.991597	753.792
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582		
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	755.084		
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327		
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-11.485		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	219.81		
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)	306.886		
Ag Fino (kg)	755.084		
Ag Grueso (kg)	1006.582		
Agua (kg)	219.812		
SUMATORIA	2288.364		

5.5.5. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM², SILICA FUME 15%

Tabla 5.8 *Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 15% de Silica Fume*

DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)	205		
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)	1000		
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205		
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C	0.62		
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)	328.947		
Volumen de cemento (m ³)	0.117		
Volumen de agua (m ³)	0.205		
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56		
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441		
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102		
Volumen de Aire (%)	2.0		
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	328.95	2820.000	0.117
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.704
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)	0.296		
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m³)	Peso Especifico (kg/m³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.117	2820	328.947
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.296	2478.991597	734.399
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582		
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	735.657		
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327		
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-11.189		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	219.52		
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)	328.947		
Ag Fino (kg)	735.657		
Ag Grueso (kg)	1006.582		
Agua (kg)	219.516		
SUMATORIA	2290.703		

5.5.6. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM², SILICA FUME 15%

Tabla 5.9 *Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 15% de Silica Fume*

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)	205		
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)	1000		
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205		
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C	0.52		
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)	391.670		
Volumen de cemento (m ³)	0.139		
Volumen de agua (m ³)	0.205		
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56		
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441		
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102		
Volumen de Aire (%)	2.0		
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	391.67	2820.000	0.139
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.726
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)	0.274		
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.139	2820	391.670
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.274	2478.991597	679.261
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582		
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	680.425		
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327		
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-10.349		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	218.68		
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)	391.670		
Ag Fino (kg)	680.425		
Ag Grueso (kg)	1006.582		
Agua (kg)	218.676		
SUMATORIA	2297.353		

5.5.7. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM², EUCON AWA 1.4 %

Tabla 5.10 Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 1.4% de EUCON AWA

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)		205	
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)		1000	
Volumen absoluto de agua (m ³)		0.205	
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C		0.63	
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)		322.327	
Volumen de cemento (m ³)		0.114	
Volumen de agua (m ³)		0.205	
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino		2.56	
Volumen de Agregado Grueso (m ³)		0.6441	
Peso de Agregado Grueso (kg)		1004.102	
Volumen de Aire (%)		2.0	
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	322.33	2820.000	0.114
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.701
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)		0.299	
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.114	2820	322.327
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.299	2478.991597	740.219
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)		1006.582	
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)		741.487	
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)		-3.327	
Agua Libre Ag. Fino (lts)		-11.278	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)		219.60	
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)		322.327	
Ag Fino (kg)		741.487	
Ag Grueso (kg)		1006.582	
Agua (kg)		219.605	
SUMATORIA		2290.001	

5.5.8. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM², EUCO AWA 1.4 %

Tabla 5.11 Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 1.4% de EUCON AWA

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)	205		
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)	1000		
Volumen absoluto de agua (m ³)	0.205		
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C	0.59		
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)	346.284		
Volumen de cemento (m ³)	0.123		
Volumen de agua (m ³)	0.205		
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino	2.56		
Volumen de Agregado Grueso (m ³)	0.6441		
Peso de Agregado Grueso (kg)	1004.102		
Volumen de Aire (%)	2.0		
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	346.28	2820.000	0.123
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.710
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)	0.290		
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.123	2820	346.284
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.290	2478.991597	719.159
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)	1006.582		
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)	720.391		
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)	-3.327		
Agua Libre Ag. Fino (lts)	-10.957		
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)	219.28		
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)	346.284		
Ag Fino (kg)	720.391		
Ag Grueso (kg)	1006.582		
Agua (kg)	219.284		
SUMATORIA	2292.541		

5.5.9. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM², EUCO AWA 1.4 %

Tabla 5.12 Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 1.4% de EUCON AWA

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)			205
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)			1000
Volumen absoluto de agua (m ³)			0.205
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C			0.48
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)			425.841
Volumen de cemento (m ³)			0.151
Volumen de agua (m ³)			0.205
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino			2.56
Volumen de Agregado Grueso (m ³)			0.6441
Peso de Agregado Grueso (kg)			1004.102
Volumen de Aire (%)			2.0
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	425.84	2820.000	0.151
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.738
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)			0.262
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.151	2820	425.841
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.262	2478.991597	649.222
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)			1006.582
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)			650.334
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)			-3.327
Agua Libre Ag. Fino (lts)			-9.892
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)			218.22
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)			425.841
Ag Fino (kg)			650.334
Ag Grueso (kg)			1006.582
Agua (kg)			218.218
SUMATORIA			2300.976

5.5.10. ACI 211 – RESISTENCIA 175 KG/CM², EUCO AWA 2.1 %

Tabla 5.13 Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 2.1% de EUCON AWA

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)		205	
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)		1000	
Volumen absoluto de agua (m ³)		0.205	
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C		0.6408	
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)		319.913	
Volumen de cemento (m ³)		0.113	
Volumen de agua (m ³)		0.205	
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino		2.56	
Volumen de Agregado Grueso (m ³)		0.64	
Peso de Agregado Grueso (kg)		1004.102	
Volumen de Aire (%)		2.0	
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	319.91	2820.000	0.113
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.701
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)		0.299	
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.113	2820	319.913
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.299	2478.991597	742.341
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)		1006.582	
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)		743.613	
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)		-3.327	
Agua Libre Ag. Fino (lts)		-11.310	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)		219.64	
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)		319.913	
Ag Fino (kg)		743.613	
Ag Grueso (kg)		1006.582	
Agua (kg)		219.637	
SUMATORIA		2289.745	

5.5.11. ACI 211 – RESISTENCIA 210 KG/CM², EUCO AWA 2.1 %

Tabla 5.14 Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 2.1% de EUCON AWA

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)			205
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)			1000
Volumen absoluto de agua (m ³)			0.205
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C			0.60
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)			343.844
Volumen de cemento (m ³)			0.122
Volumen de agua (m ³)			0.205
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino			2.56
Volumen de Agregado Grueso (m ³)			0.6441
Peso de Agregado Grueso (kg)			1004.102
Volumen de Aire (%)			2.0
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	343.84	2820.000	0.122
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.709
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)			0.291
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.122	2820	343.844
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.291	2478.991597	721.303
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)			1006.582
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)			722.539
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)			-3.327
Agua Libre Ag. Fino (lts)			-10.990
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)			219.32
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)			343.844
Ag Fino (kg)			722.539
Ag Grueso (kg)			1006.582
Agua (kg)			219.317
SUMATORIA			2292.282

5.5.12. ACI 211 – RESISTENCIA 280 KG/CM², EUCO AWA 2.1 %

Tabla 5.15 Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 2.1% de EUCON AWA

CÁLCULO			
DISEÑO DE MEZCLAS - MÉTODO DEL ACI			
1. VOLUMEN DE AGUA (tabla 6.9)			
Contenido de agua (lts/m ³)			205
Peso Especifico del Agua (kg/m ³)			1000
Volumen absoluto de agua (m ³)			0.205
2. RELACION AGUA CEMENTO			
A/C			0.49
3. VOLUMEN DE CEMENTO Y AGUA			
Contenido de cemento (kg)			417.345
Volumen de cemento (m ³)			0.148
Volumen de agua (m ³)			0.205
4. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			
Módulo de Fineza del Ag. Fino			2.56
Volumen de Agregado Grueso (m ³)			0.6441
Peso de Agregado Grueso (kg)			1004.102
Volumen de Aire (%)			2.0
5. SUMATORIA VOLUMENES SIN EL AG. FINO			
	Peso Seco	Peso Especifico	Volumen (m ³)
Agua	205	1000	0.205
Aire	2.0	-	0.02
Cemento	417.35	2820.000	0.148
Agregado Grueso	1004.102	2772.974	0.362
Sumatoria de Volúmenes			0.735
6. VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO			
Volumen Absoluto de Ag. Fino (m ³)			0.265
7. CÁLCULO DE LOS PESOS SECOS			
	Volumen (m ³)	Peso Especifico (kg/m ³)	Peso (kg)
Agua	0.205	1000	205.00
Cemento	0.148	2820	417.345
Ag. Grueso	0.362	2772.974481	1004.102
Ag. Fino	0.265	2478.991597	656.690
Aire	-	-	-
8. CORRECCION POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD			
HUMEDAD			
Peso Ag. Grueso Húmedo (kg)			1006.582
Peso Ag. Fino Húmedo (kg)			657.815
ABSORCIÓN			
Agua Libre Ag. Grueso (lts)			-3.327
Agua Libre Ag. Fino (lts)			-10.005
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA (lts)			218.33
9. DISEÑO FINAL PARA 1 M3			
Cemento (kg)			417.345
Ag Fino (kg)			657.815
Ag Grueso (kg)			1006.582
Agua (kg)			218.332
SUMATORIA			2300.075

5.6. RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

Tabla 5.16 Resumen de los Diseños De Mezclas por el Método ACI 211, los Aditivos Silica Fume y EUCON AWA

ACI 211	MATERIALES		DOSIFICACIONES SILICA FUME 10%			DOSIFICACIONES SILICA FUME 15%		
			175 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2	175 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2
	DOSIFICACIÓN (kg)	Cemento (kg)		318.32	340.64	413.81	306.89	328.95
Ag. Fino (kg)			745.01	725.36	660.93	755.08	735.66	680.42
Ag. Grueso (kg)			1006.58	1006.58	1006.58	1006.58	1006.58	1006.58
Agua (kg)			219.66	219.36	218.38	219.81	219.52	218.68
Silica Fume (kg)			31.83	34.06	41.38	46.03	49.34	58.75
ACI 211	MATERIALES		DOSIFICACIONES EUCON AWA 1.4%			DOSIFICACIONES EUCON AWA 2.1 %		
			175 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2	175 kg/cm2	210 kg/cm2	280 kg/cm2
	DOSIFICACIÓN (kg)	Cemento (kg)		322.33	346.28	425.84	319.91	343.84
Ag. Fino (kg)			741.49	720.39	650.33	743.61	722.54	657.82
Ag. Grueso (kg)			1006.58	1006.58	1006.58	1006.58	1006.58	1006.58
Agua (kg)			219.60	219.28	218.22	219.64	219.32	218.33
EUCON AWA (kg)			5.55	5.96	7.33	8.26	8.88	10.78

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE COSTOS

6.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se analiza los costos de los diferentes diseños usados durante la investigación, considerando 1 m³ de concreto, teniendo en consideración los costos unitarios sin IGV, y además haciendo uso de los siguientes materiales empleados en los diferentes diseños:

- Cemento Yura tipo IP
- Agregado Fino de la cantera “La Poderosa”
- Agregado Grueso de la cantera “La Poderosa”
- Microsílice: Sika Fume
- Superplastificante Sikament TM 350
- EUCON AWA
- Superplastificante EUCON 37

6.2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DE LOS DISEÑOS ANALIZADOS

Tabla 6.1 Costo del concreto f'c = 175 kg/cm², ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto f'c = 175 kg/cm ²			Unidad	m ³
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m ³					187.83
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					187.83
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m3	0.4911	42.29	20.77	
Agregado grueso 3/4"	m3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m3	0.2195	5.68	1.25	

Tabla 6.2 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					339.95
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					339.95
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.4911	42.29	20.77	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2195	5.68	1.25	
Sika fume	kg	16.3200	4.75	77.45	
Sikament	l	9.7900	7.63	74.67	

Tabla 6.3 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					422.44
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					422.44
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.4911	42.29	20.77	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2195	5.68	1.25	
Sika fume	kg	32.6400	4.75	154.90	
Sikament	l	10.4500	7.63	79.70	

Tabla 6.4 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika fume, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					507.36
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					507.36
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.4911	42.29	20.77	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2195	5.68	1.25	
Sika fume	kg	48.9600	4.75	232.35	
Sikament	l	11.4300	7.63	87.18	

Tabla 6.5 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ Eucon awa, ACI 211

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					296.24
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					296.24
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.4911	42.29	20.77	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2195	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	2.6100	20.34	53.08	
EUCON 37	l	8.1600	6.78	55.32	

Tabla 6.6 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ Eucon awa, ACI 211

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					359.42
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					359.42
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.4911	42.29	20.77	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2195	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	5.5000	20.34	111.86	
EUCON 37	l	8.8100	6.78	59.73	

Tabla 6.7 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ Eucon awa, ACI 211

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					425.66
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					425.66
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.4911	42.29	20.77	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2195	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	8.4300	20.34	171.46	
EUCON 37	l	9.7900	6.78	66.37	

Tabla 6.8 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					203.05
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					203.05
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.4673	42.29	19.76	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2190	5.68	1.24	

Tabla 6.9 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					374.15
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					374.15
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.4673	42.29	19.76	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2190	5.68	1.24	
Sika fume	kg	18.3600	4.75	87.13	
Sikament	l	11.0100	7.63	83.97	

Tabla 6.10 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					466.88
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					466.88
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.4673	42.29	19.76	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2190	5.68	1.24	
Sika fume	kg	36.7100	4.75	174.22	
Sikament	l	11.7500	7.63	89.62	

Tabla 6.11 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika fume, ACI 211}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					562.41
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					562.41
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.4673	42.29	19.76	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2190	5.68	1.24	
Sika fume	kg	55.0700	4.75	261.35	
Sikament	l	12.8500	7.63	98.01	

Tabla 6.12 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ Eucon awa, ACI 211}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					325.08
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					325.08
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.4673	42.29	19.76	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2190	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	2.9400	20.34	59.80	
EUCON 37	l	9.1800	6.78	62.24	

Tabla 6.13 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ Eucon awa, ACI 211}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					396.13
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					396.13
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.4673	42.29	19.76	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2190	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	6.1900	20.34	125.90	
EUCON 37	l	9.9100	6.78	67.19	

Tabla 6.14 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon awa}$, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					470.50
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					470.50
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.4673	42.29	19.76	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2190	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	9.4800	20.34	192.81	
EUCON 37	l	11.0100	6.78	74.64	

Tabla 6.15 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					230.27
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					230.27
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.4246	42.29	17.96	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2180	5.68	1.24	

Tabla 6.16 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika fume}$, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					435.35
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					435.35
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.4246	42.29	17.96	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2180	5.68	1.24	
Sika fume	kg	22.0000	4.75	104.41	
Sikament	l	13.2000	7.63	100.68	

Tabla 6.17 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					546.43
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					546.43
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.4246	42.29	17.96	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2180	5.68	1.24	
Sika fume	kg	43.9900	4.75	208.77	
Sikament	l	14.0800	7.63	107.39	

Tabla 6.18 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika fume, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					660.90
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					660.90
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.4246	42.29	17.96	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2180	5.68	1.24	
Sika fume	kg	65.9900	4.75	313.18	
Sikament	l	15.4000	7.63	117.46	

Tabla 6.19 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ Euco awa, ACI 211

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					376.44
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					376.44
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.4246	42.29	17.96	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2180	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	3.5200	20.34	71.59	
EUCON 37	l	11.0000	6.78	74.58	

Tabla 6.20 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ Eucon Awa, ACI 211

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					461.52
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					461.52
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.4246	42.29	17.96	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2180	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	7.4100	20.34	150.71	
EUCON 37	l	11.8800	6.78	80.54	

Tabla 6.21 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ Eucon awa, ACI 211

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					550.81
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					550.81
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.4246	42.29	17.96	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2180	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	11.3600	20.34	231.05	
EUCON 37	l	13.2000	6.78	89.49	

Tabla 6.22 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, MC

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					186.58
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					186.58
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.5645	42.29	23.87	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6058	51.61	31.26	
Agua potable	m^3	0.2208	5.68	1.25	

Tabla 6.23 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					326.27
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					326.27
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.5645	42.29	23.87	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6058	51.61	31.26	
Agua potable	m^3	0.2208	5.68	1.25	
Sika fume	kg	16.3200	4.75	77.45	
Sikament	l	8.1600	7.63	62.24	

Tabla 6.24 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					408.68
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					408.68
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.5645	42.29	23.87	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6058	51.61	31.26	
Agua potable	m^3	0.2208	5.68	1.25	
Sika fume	kg	32.6400	4.75	154.90	
Sikament	l	8.8100	7.63	67.19	

Tabla 6.25 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika fume, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					493.60
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					493.60
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.5645	42.29	23.87	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6058	51.61	31.26	
Agua potable	m^3	0.2208	5.68	1.25	
Sika fume	kg	48.9600	4.75	232.35	
Sikament	l	9.7900	7.63	74.67	

Tabla 6.26 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ Eucon awa, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					283.94
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					283.94
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.5645	42.29	23.87	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6058	51.61	31.26	
Agua potable	m^3	0.2208	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	2.6100	20.34	53.08	
EUCON 37	l	6.5300	6.78	44.27	

Tabla 6.27 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ Eucon awa, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					347.12
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					347.12
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.5645	42.29	23.87	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6058	51.61	31.26	
Agua potable	m^3	0.2208	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	5.5000	20.34	111.86	
EUCON 37	l	7.1800	6.78	48.68	

Tabla 6.28 Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ Eucon awa, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					413.36
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					413.36
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.6808	16.95	130.19	
Agregado fino	m^3	0.5645	42.29	23.87	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6058	51.61	31.26	
Agua potable	m^3	0.2208	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	8.4300	20.34	171.46	
EUCON 37	l	8.1600	6.78	55.32	

Tabla 6.29 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					201.19
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					201.19
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.5480	42.29	23.17	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5881	51.61	30.35	
Agua potable	m^3	0.2203	5.68	1.25	

Tabla 6.30 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					358.34
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					358.34
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.5480	42.29	23.17	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5881	51.61	30.35	
Agua potable	m^3	0.2203	5.68	1.25	
Sika fume	kg	18.3600	4.75	87.13	
Sikament	l	9.1800	7.63	70.02	

Tabla 6.31 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					451.00
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					451.00
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.5480	42.29	23.17	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5881	51.61	30.35	
Agua potable	m^3	0.2203	5.68	1.25	
Sika fume	kg	36.7100	4.75	174.22	
Sikament	l	9.9100	7.63	75.58	

Tabla 6.32 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika fume, MC}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					546.52
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					546.52
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.5480	42.29	23.17	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5881	51.61	30.35	
Agua potable	m^3	0.2203	5.68	1.25	
Sika fume	kg	55.0700	4.75	261.35	
Sikament	l	11.0100	7.63	83.97	

Tabla 6.33 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ Eucon awa, MC}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					310.75
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					310.75
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.5480	42.29	23.17	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5881	51.61	30.35	
Agua potable	m^3	0.2203	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	2.9400	20.34	59.80	
EUCON 37	l	7.3400	6.78	49.76	

Tabla 6.34 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ Eucon awa, MC}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					381.87
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					381.87
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.5480	42.29	23.17	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5881	51.61	30.35	
Agua potable	m^3	0.2203	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	6.1900	20.34	125.90	
EUCON 37	l	8.0800	6.78	54.78	

Tabla 6.35 Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon awa, MC}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					456.24
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					456.24
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.6381	16.95	146.42	
Agregado fino	m^3	0.5480	42.29	23.17	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5881	51.61	30.35	
Agua potable	m^3	0.2203	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	9.4800	20.34	192.81	
EUCON 37	l	9.1800	6.78	62.24	

Tabla 6.36 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2, \text{MC}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					228.49
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					228.49
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.5303	42.29	22.43	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5691	51.61	29.37	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	

Tabla 6.37 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika fume, MC}$

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					416.80
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					416.80
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.5303	42.29	22.43	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5691	51.61	29.37	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	
Sika fume	kg	22.0000	4.75	104.41	
Sikament	l	11.0000	7.63	83.90	

Tabla 6.38 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					522.53
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					522.53
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.5303	42.29	22.43	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5691	51.61	29.37	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	
Sika fume	kg	43.9900	4.75	208.77	
Sikament	l	11.1800	7.63	85.27	

Tabla 6.39 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika fume, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					642.35
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					642.35
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.5303	42.29	22.43	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5691	51.61	29.37	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	
Sika fume	kg	65.9900	4.75	313.18	
Sikament	l	13.2000	7.63	100.68	

Tabla 6.40 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ Eucon awa, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					359.75
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					359.75
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.5303	42.29	22.43	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5691	51.61	29.37	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	3.5200	20.34	71.59	
EUCON 37	l	8.8000	6.78	59.66	

Tabla 6.41 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ Eucon awa, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					444.83
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					444.83
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.5303	42.29	22.43	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5691	51.61	29.37	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	7.4100	20.34	150.71	
EUCON 37	l	9.6800	6.78	65.63	

Tabla 6.42 Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ Eucon awa, MC

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ EUCON AWA			Unidad	m^3
Especificación	Método Máxima Compacidad				
costo unitario directo (S/.) por m^3					534.12
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					534.12
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.3509	16.95	175.45	
Agregado fino	m^3	0.5303	42.29	22.43	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.5691	51.61	29.37	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	11.3600	20.34	231.05	
EUCON 37	l	11.0000	6.78	74.58	

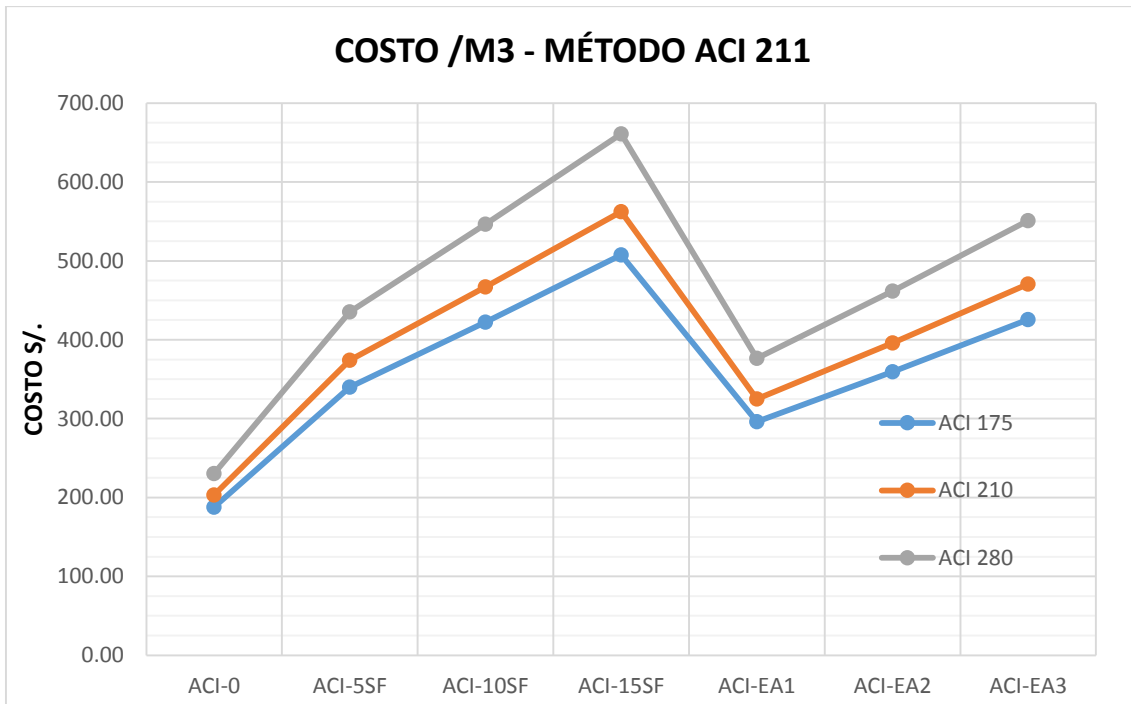
Tabla 6.43 Comparación de Costos, Diseños Analizados ACI 211

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COSTO (S/.)	BENEFICIO/COSTO (kg/cm^2)/S/.
ACI-0	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	187.83	0.93
ACI-5SF	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume	339.95	0.51
ACI-10SF	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume	422.44	0.41
ACI-15SF	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume	507.36	0.34
ACI-EA1	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ EUCON AWA	296.24	0.59
ACI-EA2	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ EUCON AWA	359.42	0.49
ACI-EA3	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ EUCON AWA	425.66	0.41
ACI-0	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	203.05	1.03
ACI-5SF	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika Fume	374.15	0.56
ACI-10SF	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume	466.88	0.45
ACI-15SF	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume	562.41	0.37

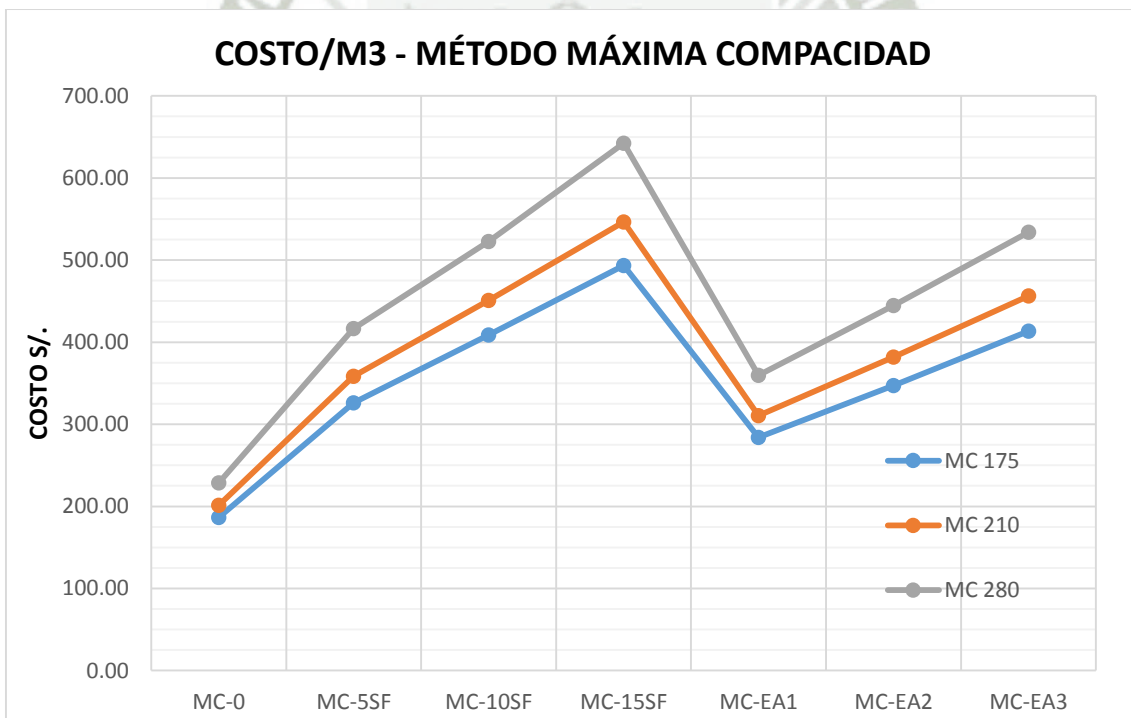
ACI-EA1	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ EUCON AWA}$	325.08	0.65
ACI-EA2	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ EUCON AWA}$	396.13	0.53
ACI-EA3	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ EUCON AWA}$	470.50	0.45
ACI-0	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	230.27	1.22
ACI-5SF	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika Fume}$	435.35	0.64
ACI-10SF	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika Fume}$	546.43	0.51
ACI-15SF	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika Fume}$	660.90	0.42
ACI-EA1	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ EUCON AWA}$	376.44	0.74
ACI-EA2	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ EUCON AWA}$	461.52	0.61
ACI-EA3	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ EUCON AWA}$	550.81	0.51

Tabla 6.44 Comparación de Costos, Diseños Analizados Máxima Compacidad

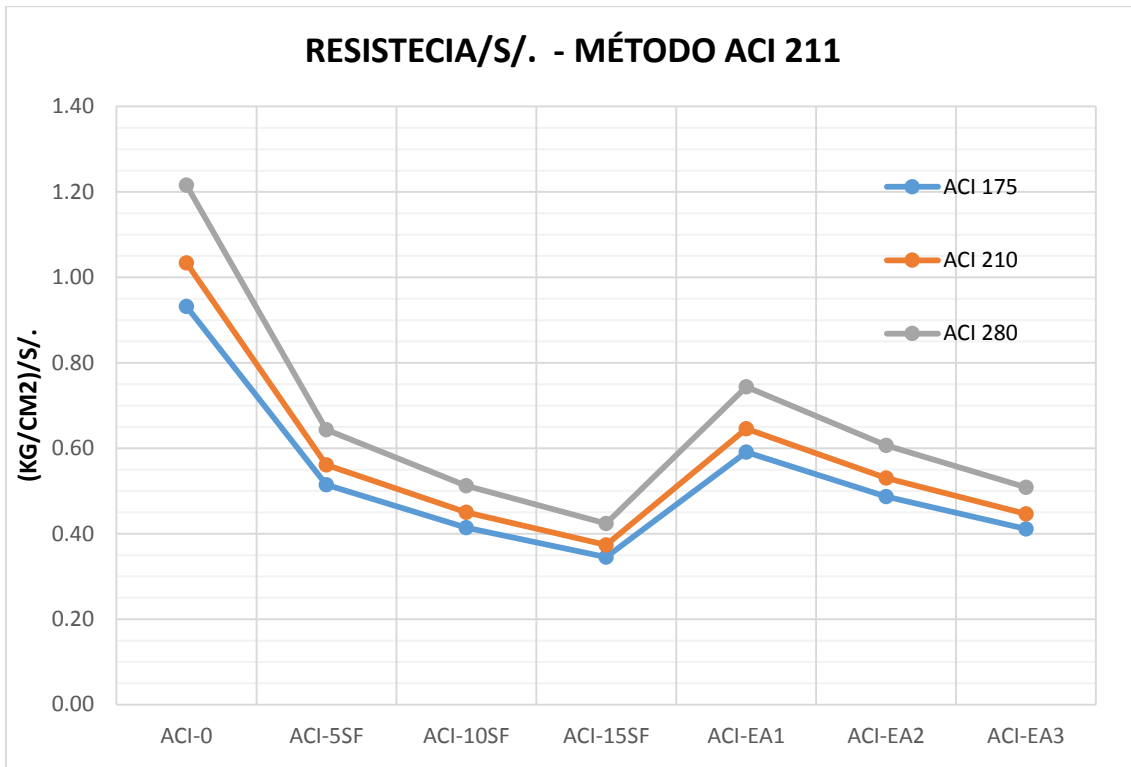
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COSTO (S/.)	BENEFICIO/COSTO (kg/cm^2)/S/.
MC-0	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$	186.58	0.94
MC-5SF	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika Fume}$	326.27	0.54
MC-10SF	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika Fume}$	408.68	0.43
MC-15SF	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika Fume}$	493.60	0.35
MC-EA1	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ EUCON AWA}$	283.94	0.62
MC-EA2	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ EUCON AWA}$	347.12	0.50
MC-EA3	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ EUCON AWA}$	413.36	0.42
MC-0	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	201.19	1.04
MC-5SF	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika Fume}$	358.34	0.59
MC-10SF	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika Fume}$	451.00	0.47
MC-15SF	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika Fume}$	546.52	0.38
MC-EA1	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ EUCON AWA}$	310.75	0.68
MC-EA2	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ EUCON AWA}$	381.87	0.55
MC-EA3	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ EUCON AWA}$	456.24	0.46
MC-0	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$	228.49	1.23
MC-5SF	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika Fume}$	416.80	0.67
MC-10SF	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika Fume}$	522.53	0.54
MC-15SF	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika Fume}$	642.35	0.44
MC-EA1	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ EUCON AWA}$	359.75	0.78
MC-EA2	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ EUCON AWA}$	444.83	0.63
MC-EA3	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ EUCON AWA}$	534.12	0.52



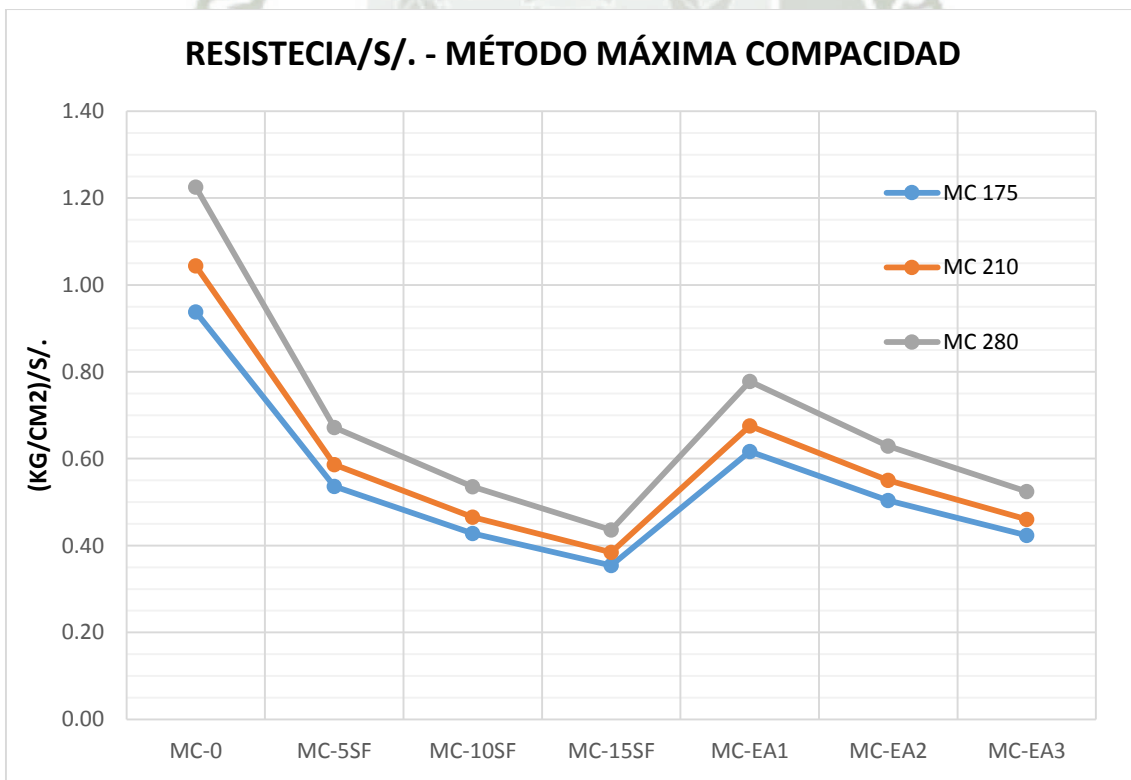
Gráfica 6.1 Costo diseños de mezcla, ACI 211



Gráfica 6.2 Costo diseños de mezcla, máxima compacidad



Gráfica 6.3 *Relación del beneficio y su costo, diseños ACI 211*



Gráfica 6.4 *Relación del beneficio y su costo, diseños máxima compacidad*

6.3. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS DISEÑOS OPTIMIZADOS

Tabla 6.45 Costo del Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume, Diseño Optimizado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					413.58
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					413.58
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.4900	16.95	126.95	
Agregado fino	m^3	0.4959	42.29	20.97	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2197	5.68	1.25	
Sika Fume	kg	31.8300	4.75	151.06	
Sikament	l	10.1900	7.63	77.72	

Tabla 6.46 Costo del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume, Diseño Optimizado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					437.92
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					437.92
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.0152	16.95	135.86	
Agregado fino	m^3	0.4828	42.29	20.42	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2194	5.68	1.25	
Sika Fume	kg	34.0600	4.75	161.64	
Sikament	l	10.9000	7.63	83.14	

Tabla 6.47 Costo del Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika Fume, Diseño Optimizado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ de Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					517.87
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					517.87
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	9.7366	16.95	165.04	
Agregado fino	m^3	0.4399	42.29	18.60	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	

Agua potable	m3	0.2184	5.68	1.24
Sika Fume	kg	41.3800	4.75	196.38
Sikament	l	13.2400	7.63	100.98

Tabla 6.48 Costo del Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume, Diseño Optimizado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ de Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					480.89
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					480.89
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.2209	16.95	122.39	
Agregado fino	m^3	0.5026	42.29	21.25	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2198	5.68	1.25	
Sika Fume	kg	46.0300	4.75	218.45	
Sikament	l	10.7400	7.63	81.92	

Tabla 6.49 Costo del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume, Diseño Optimizado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ de Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					510.72
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					510.72
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.7399	16.95	131.19	
Agregado fino	m^3	0.4897	42.29	20.71	
Agregado grueso 3/4"	m^3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m^3	0.2195	5.68	1.25	
Sika Fume	kg	49.3400	4.75	234.16	
Sikament	l	11.5100	7.63	87.79	

Tabla 6.50 Costo del Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika Fume, Diseño Optimizado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ de Sika Fume			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					595.61
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					595.61

Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	9.2158	16.95	156.21
Agregado fino	m3	0.4529	42.29	19.15
Agregado grueso 3/4"	m3	0.6903	51.61	35.63
Agua potable	m3	0.2187	5.68	1.24
Sika Fume	kg	58.7500	4.75	278.82
Sikament	l	13.7100	7.63	104.57

Tabla 6.51 Costo del Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.4\% \text{ Eucon Awa}$, Diseño Optimizado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + \text{EUCON AWA } 1.4\%$			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					357.41
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					357.41
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.5842	16.95	128.55	
Agregado fino	m3	0.4935	42.29	20.87	
Agregado grueso 3/4"	m3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m3	0.2196	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	5.5500	20.34	112.88	
EUCON 37	l	8.5900	6.78	58.24	

Tabla 6.52 Costo del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.4\% \text{ Eucon Awa}$, Diseño Optimizado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + \text{EUCON AWA } 1.4\%$			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					378.85
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					378.85
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.1479	16.95	138.11	
Agregado fino	m3	0.4795	42.29	20.28	
Agregado grueso 3/4"	m3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m3	0.2193	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	5.9600	20.34	121.22	
EUCON 37	l	9.2000	6.78	62.37	

Tabla 6.53 Costo del Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.4\% \text{ Eucon Awa}$, Diseño Optimizado

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + \text{EUCON AWA } 1.4\%$			Unidad	m^3
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m^3					449.82

Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					449.82
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	10.0198	16.95	169.84	
Agregado fino	m ³	0.4329	42.29	18.31	
Agregado grueso 3/4"	m ³	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m ³	0.2182	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	7.3300	20.34	149.08	
EUCON 37	l	11.1700	6.78	75.73	

Tabla 6.54 Costo del Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon Awa}$, Diseño Optimizado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + \text{EUCON AWA } 2.1\%$			Unidad	m ³
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m ³					415.83
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					415.83
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	7.5274	16.95	127.59	
Agregado fino	m ³	0.4949	42.29	20.93	
Agregado grueso 3/4"	m ³	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m ³	0.2196	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	8.2600	20.34	168.00	
EUCON 37	l	9.2100	6.78	62.44	

Tabla 6.55 Costo del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon Awa}$, Diseño Optimizado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO					
Partida	Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + \text{EUCON AWA } 2.1\%$			Unidad	m ³
Especificación	Método ACI 211				
costo unitario directo (S/.) por m ³					441.87
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					441.87
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	8.0905	16.95	137.13	
Agregado fino	m ³	0.4809	42.29	20.34	
Agregado grueso 3/4"	m ³	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m ³	0.2193	5.68	1.25	
EUCON AWA	l	8.8800	20.34	180.61	
EUCON 37	l	9.8700	6.78	66.92	

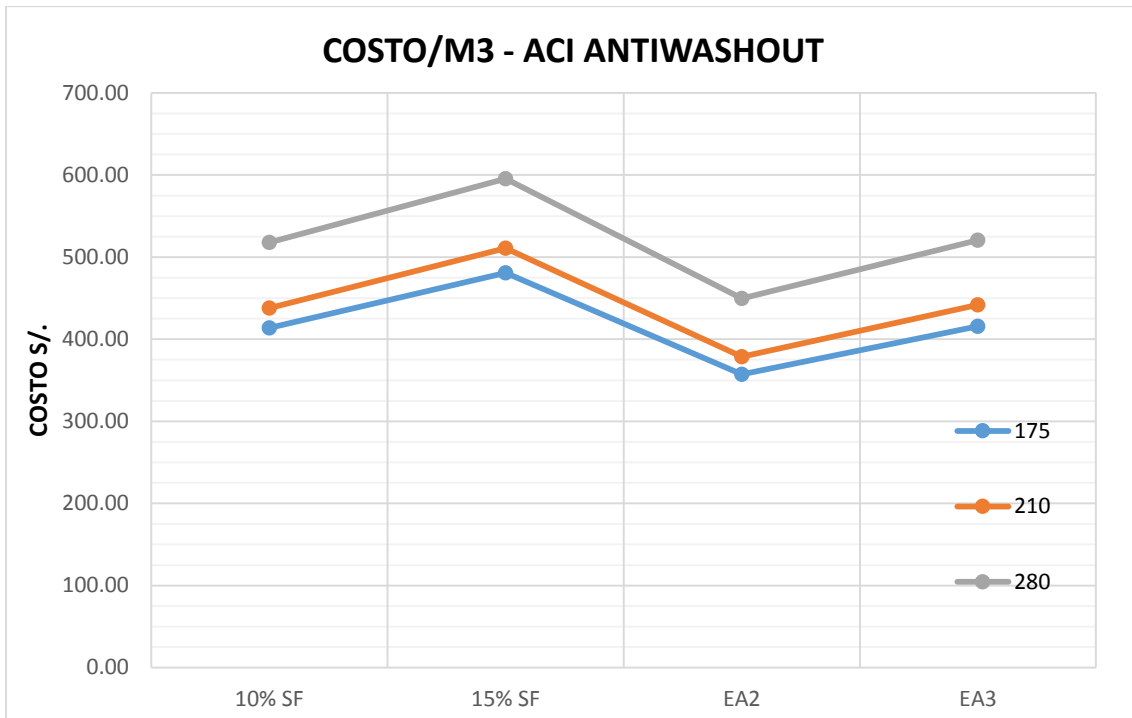
Tabla 6.56 Costo del Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon Awa}$, Diseño Optimizado

ANALISIS DE COSTO UNITARIO			
Partida	Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + \text{EUCON AWA } 2.1\%$		Unidad
			m ³

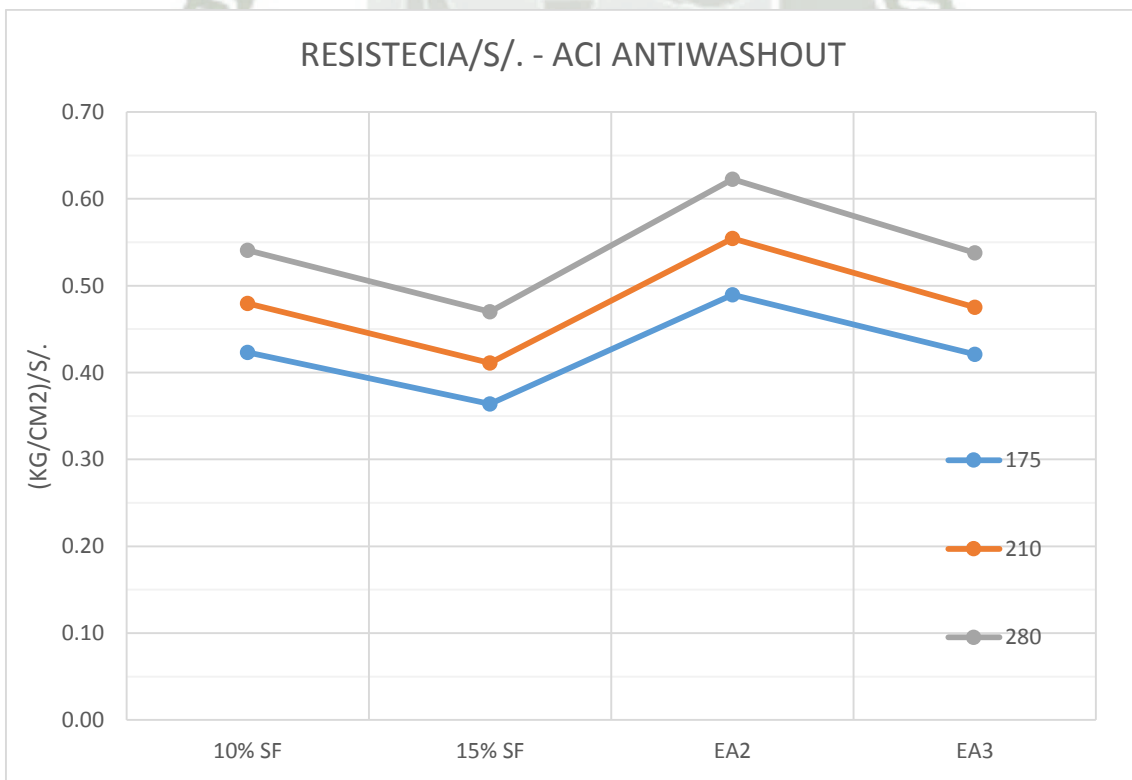
Especificación		Método ACI 211			
		costo unitario directo (S/.) por m ³			520.74
Descripción de Insumo	und	cantidad	precio	parcial	subtotal
MATERIALES					520.74
Cemento Portland tipo IP (42.5 kg)	bls	9.8199	16.95	166.45	
Agregado fino	m3	0.4378	42.29	18.52	
Agregado grueso 3/4"	m3	0.6903	51.61	35.63	
Agua potable	m3	0.2183	5.68	1.24	
EUCON AWA	l	10.7800	20.34	219.25	
EUCON 37	l	11.7500	6.78	79.66	

Tabla 6.57 Comparación de Costos, Diseños Optimizados

DESCRIPCIÓN	COSTO (S/.)	BENEFICIO/COSTO (kg/cm ²)/S/.
Concreto f'c = 175 kg/cm ² + 10% de Sika Fume	413.58	0.42
Concreto f'c = 210 kg/cm ² + 10% de Sika Fume	437.92	0.48
Concreto f'c = 280 kg/cm ² + 10% de Sika Fume	517.87	0.54
Concreto f'c = 175 kg/cm ² + 15% de Sika Fume	480.89	0.36
Concreto f'c = 210 kg/cm ² + 15% de Sika Fume	510.72	0.41
Concreto f'c = 280 kg/cm ² + 15% de Sika Fume	595.61	0.47
Concreto f'c = 175 kg/cm ² + EUCON AWA 1.4%	357.41	0.49
Concreto f'c = 210 kg/cm ² + EUCON AWA 1.4%	378.85	0.55
Concreto f'c = 280 kg/cm ² + EUCON AWA 1.4%	449.82	0.62
Concreto f'c = 175 kg/cm ² + EUCON AWA 2.1%	415.83	0.42
Concreto f'c = 210 kg/cm ² + EUCON AWA 2.1%	441.87	0.48
Concreto f'c = 280 kg/cm ² + EUCON AWA 2.1%	520.74	0.54



Gráfica 6.5 Costo por m³ de los diseños de mezcla optimizados



Gráfica 6.6 Relación del beneficio y su costo, diseños optimizados

CONCLUSIONES

- ❖ Se logra obtener un concreto antideslave con características que obtengan menos de 6.5 % de lavado de partículas finas, slump flow superior a 300 mm., y resistencias adecuadas, usando dosificaciones entre 10 y 15%, y 1.4% a 2.1% de Sika Fume y Eucon AWA respectivamente.
- ❖ El método ACI 211 presentó mejor desempeño que el método de Máxima Compacidad en cuanto al lavado de partículas finas, así como el aditivo de Eucon funciono mejor el Sika, obteniéndose porcentajes (%) de lavado con Eucon de 3.17% y 5.39% usando los métodos ACI 211 y máxima compacidad respectivamente, mientras que con Sika lavados de 4.19% y 5.91% con los métodos ACI y máxima compacidad respectivamente.
- ❖ Se evidencio una pérdida de resistencia conforme mayor era el porcentaje de lavado, siendo esta característica más notoria cuando se hizo uso del método de máxima compacidad.
- ❖ Sika Fume en su dosificación al 15% llegó a incrementar la resistencia a la compresión a los 28 días hasta un 22% de la resistencia a la que fue diseñada (280kg/cm²) usando el método ACI 211, mientras que Eucon AWA solo respondió hasta un 12% más, bajo el mismo método, la misma edad, y una resistencia de diseño de 210 kg/cm².
- ❖ El diseño usando el método ACI 211 dio mayores resistencias a la compresión que el método de máxima compacidad.
- ❖ Respecto a las resistencias a 28 días de línea base, el uso de Sika Fume incrementó hasta en 32% la resistencia de 280 kg/cm² en una dosificación de 15%, mientras que el uso de Eucon AWA aumentó hasta 23% en la resistencia de 210 kg/cm² con una dosificación de 2.1%.
- ❖ Para el Método de Máxima Compacidad al usar agregados de la Cantera la Poderosa la combinación ideal resulta de la mezcla de un 51% de Agregado Grueso y un 49% de Agregado Fino.

- ❖ La relación Agregado Fino / Agregado Grueso calculada en el Método de Máxima Compacidad nos da porcentajes algo distintos al 40%/60% habitual de un concreto convencional.
- ❖ El pH del agua del Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Católica de Santa María es de 7.5.
- ❖ El concreto de vaciado tremie se utiliza para ser colocados bajo el agua, como en cimentaciones profundas, asimismo se utiliza elementos donde compactar es casi imposible y en elementos esbeltos, este concreto tiene aditivos indispensables, antideslave y goma, que cambian las características de viscosidad, para no ser lavado por el agua. De la misma manera tiene aditivos supe plastificantes que lo hace auto pactante en medio acuoso.
- ❖ El uso del método tremie en vaciados con presencia de agua ya sea cubriendo la mezcla parcial o totalmente se debe hacer con el correcto uso de equipos y personal capacitado para así evitar un mal vaciado.
- ❖ Una muy evidente conclusión es que la resistencia a la compresión ($f'c$) aumenta conforme la relación Agua/Cemento (w/c) va disminuyendo, sin importar el slump ni la tecnología del diseño de concreto usada. Asimismo, las mezclas de concreto elaboradas con relaciones agua/cemento altas, nos dan resultados de resistencia muy aproximados entre sí, sin importar, como se dijo antes, el diseño, ni el slump.
- ❖ Antes de iniciar un diseño de mezcla, nos debemos basar en el método ACI, pero de allí se tienen que ir haciendo correcciones. Este método es muy conservador porque trabaja no con una resistencia a la compresión sino con una resistencia a la compresión promedio ($f'cr > f'c$) que incluye un factor de seguridad. Es decir, el $f'c$ de diseño es el $f'c$ requerido. Por todo lo mencionado anteriormente, podemos decir que el método ACI tiene limitaciones para elaborar concretos en el Perú, pero nos da una buena idea referencial para partir hacia un diseño óptimo.
- ❖ Los costos de usar el método de máxima compacidad resultaron en menores costos, aunque en un porcentaje casi despreciable, por lo que no se considera decisivo en su elección.

- ❖ Considerando el beneficio, entendido como resistencia a la compresión, y el costo, el uso de Eucon AWA dio ratios mayores, bajo todas las resistencias y dosificaciones; y mejorando el ratio de desempeño cuando optimizamos el diseño.
- ❖ El concreto Antideslave al reducir el deslave de los finos, reduciría la contaminación de ecosistemas acuáticos; lo que le da la propiedad de ser un concreto que protege el medio ambiente.



RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda tener controlado la temperatura del concreto, así como la humedad relativa con el uso de Sika Fume.
- ❖ Se recomienda realizar análisis detallados de costos unitarios considerando la función estructural que desempeñará, para poder conocer los análisis de costos de concreto desde la elaboración hasta el vaciado, considerando herramientas, mano de obra, y rendimientos reales.
- ❖ Realizar la investigación acerca del uso de dosificaciones superiores a 15% de Sika Fume y 2.1% de Eucon AWA.
- ❖ Realizar una investigación usando ambas marcas de aditivos en una sola mezcla, y de ese modo verificar la compatibilidad entre ellos y su eficiencia frente a condiciones de exposición al agua.
- ❖ Investigar el comportamiento de mezclas antideslave que presenten altas resistencias a la compresión.
- ❖ Se recomienda tener en cuenta el tiempo de fraguado a la hora del vaciado, y el uso de aceleradores de fragua.
- ❖ Investigar la cantidad de aire que contiene las mezclas antideslave, y así verificar la mejora o disminución de la durabilidad.
- ❖ Se recomienda usar el método ACI, para mayor confiabilidad en los resultados obtenidos
- ❖ Investigar el uso de concretos antideslave con el uso de TMN diferentes a $\frac{3}{4}$ ".
- ❖ Realizar ensayos suficientes, de tal manera que se pueda obtener un estudio estadístico, y obtener la desviación estándar, para poder conocer la variabilidad de la mezcla, y la probabilidad de obtener malos resultados.

- ❖ Se recomienda hacer investigaciones respecto a los TMN, en base al tipo de estructura a vaciar, con el fin de poder realizar una optimización del método tremie de vaciado bajo agua.
- ❖ Se recomienda no mezclar marcas diferentes de aditivos, sin realizar antes pruebas de eficiencia, y comprobar que no afecte la durabilidad o resistencias a la compresión del concreto.
- ❖ Se recomienda usar concretos con slump flow superior 280 mm, para poder realizar el método tremie de manera adecuada.
- ❖ Se recomienda usar adiciones de Sika Fume en 15% y de Eucon AWA de 2.1% para obtener el menor porcentaje de lavado, de esa forma reducir al mínimo la probabilidad de afectar la calidad del concreto.
- ❖ Realizar una investigación y análisis a profundidad acerca de la susceptibilidad de los diseños de concreto antideslave, a agentes químicamente agresivos, así como a la variabilidad de temperatura, y reacciones que puedan tener los agregados, el cemento o el agua.
- ❖ Se recomienda investigar y verificar el diseño de concreto antideslave usando la nueva prueba de pulverización (MC-1), desarrollada en la Universidad de Paisley, así como la BS 8443:2005 “Specification for establishing the suitability of special purpose concrete admixtures” (“Especificación para determinar la idoneidad de los aditivos de hormigón para fines especiales”), de origen europeo.
- ❖ Se recomienda realizar un estudio acerca de la calidad del agua usada en la mezcla, y como su composición puede afectar o no, la calidad del concreto antideslave.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	<i>Horno de fundición antes del uso del humo de sílice.</i>	39
Figura 2.2	<i>Efectos del humo de silicio sobre el concreto fresco y sus efectos sobre el concreto final.</i>	44
Figura 2.3	<i>Esquema del sangrado y canales capilares.</i>	45
Figura 2.4	<i>Efectos del humo de sílice sobre el concreto endurecido y su uso en aplicaciones de concreto.</i>	47
Figura 2.5	<i>Permeabilidad del concreto. Un concreto de alta permeabilidad (izquierda). El adicionar Silica fume puede reducir la permeabilidad a esencialmente cero. Tal reducción hace que sea muy difícil para el agua y productos químicos agresivos tales como cloruros y sulfatos entrar en el concreto.</i>	49
Figura 3.1.	<i>Cuarteo de la muestra de agregado fino</i>	65
Figura 3.2.	<i>Agregado Fino Totalmente Seco</i>	65
Figura 3.3.	<i>Tamices estandarizados.....</i>	68
Figura 3.4.	<i>Maquina tamizadora.....</i>	69
Figura 3.5.	<i>Proceso de pesado retenido por cada tamiz</i>	69
Figura 3.6.	<i>Molde normalizado de 1/10 pie³</i>	73
Figura 3.7.	<i>Proceso de llenado del molde de 1/10 pie³</i>	73
Figura 3.8.	<i>Molde a ser pesado, para hallar el peso unitario suelto.....</i>	74
Figura 3.9.	<i>Procedimiento de compactación del agregado fino</i>	75
Figura 3.10.	<i>Enrasado del molde de agregado fino compactado.....</i>	75
Figura 3.11.	<i>Agregado fino totalmente saturado</i>	79
Figura 3.12.	<i>Muestra representativa de agregado totalmente saturado.....</i>	79
Figura 3.13.	<i>Secado de material superficialmente seco</i>	80
Figura 3.14.	<i>Compactación del cono de prueba.....</i>	80
Figura 3.15.	<i>Prueba de muestra del agregado fino superficialmente seco.....</i>	80
Figura 3.16.	<i>Agregado fino superficialmente seco.....</i>	81
Figura 3.17.	<i>Secado del agregado fino en el horno.....</i>	82
Figura 3.18.	<i>Agregado fino totalmente seco</i>	82
Figura 3.19.	<i>Maquina Tamizadora.....</i>	93

Figura 3.20.	<i>Agregado grueso retenido por tamiz</i>	93
Figura 3.21.	<i>Pesado del agregado grueso tamizado.....</i>	93
Figura 3.22.	<i>Molde de 1/3 pie³ para el peso suelto y compactado del agregado grueso</i>	99
Figura 3.23.	<i>Proceso de llenado del molde de 1/3 pie³, con agregado grueso</i>	99
Figura 3.24.	<i>Molde con agregado grueso suelto</i>	100
Figura 3.25.	<i>Proceso de para peso unitario compactado</i>	100
Figura 3.26.	<i>Pesado del agregado grueso compactado</i>	101
Figura 3.27.	<i>Agregado grueso saturado.....</i>	104
Figura 3.28.	<i>Secado superficial del agregado grueso.....</i>	105
Figura 3.29.	<i>Obtención de la masa de la canasta sumergida</i>	105
Figura 3.30.	<i>Introducción de la canasta con agregado grueso sumergido y obtención de su masa</i>	106
Figura 3.31.	<i>Agregado grueso totalmente seco.....</i>	106
Figura 4.1	<i>Tubo cilíndrico de 200 mm de diámetro, lleno de agua.</i>	193
Figura 4.2	<i>Introducción de recipiente contenedor, en el tubo cilíndrico.</i>	194
Figura 4.3	<i>Proceso de verificación de la pérdida de masa.....</i>	194
Figura 4.4	<i>Proceso de sumergido de contenedor cilíndrico.</i>	195

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1	Curva granulométrica del agregado fino y los límites	71
Gráfica 3.2	Tamices estandarizados para el agregado grueso.	92
Gráfica 3.3	Curva granulométrica del agregado grueso y los límites del huso 6	96
Gráfica 3.4	Máxima compacidad de la combinación de agregados.....	116
Gráfica 4.1	Análisis del slump de acuerdo a la cantidad de Silica fume	192
Gráfica 4.2	Análisis de slump de acuerdo a la cantidad de Eucon AWA	192
Gráfica 4.3	Pérdida de finos de acuerdo a la dosificación de aditivos por el método ACI 211	196
Gráfica 4.4	Pérdida de finos de acuerdo a la dosificación de aditivos por método de Máxima Compacidad.....	197
Gráfica 4.5	Influencia de la pérdida de finos en la resistencia a la compresión por el método ACI 211	198
Gráfica 4.6	Influencia de la pérdida de finos en la resistencia a la compresión por el método de máxima compacidad	199
Gráfica 4.7	Curva de resistencia a la compresión 175 kg/cm², por el método ACI 211201	
Gráfica 4.8	Curva de resistencia a la compresión 210 kg/cm², por el método ACI 211202	
Gráfica 4.9	Curva de resistencia a la compresión 280 kg/cm², por el método ACI 211204	
Gráfica 4.10	Curva de resistencia a la compresión 175 kg/cm², por el método de máxima compacidad	206
Gráfica 4.11	Curva de resistencia a la compresión 210 kg/cm², por el método de máxima compacidad	207
Gráfica 4.12	Curva de resistencia a la compresión 280 kg/cm², por el método de máxima compacidad	209
Gráfica 4.13	Resistencias a la compresión sin adición de aditivos	210
Gráfica 4.14	Resistencias a la compresión con adición de Silica Fume al 5%	211
Gráfica 4.15	Resistencias a la compresión con adición de Silica Fume al 10%	212
Gráfica 4.16	Resistencias a la compresión con adición de Silica Fume al 15%	213
Gráfica 4.17	Resistencias a la compresión con adición de EUCON AWA al 0.65 ml/ 100kg de cemento	214
Gráfica 4.18	Resistencias a la compresión con adición de EUCON AWA al 1.37 ml/ 100kg de cemento	215

<i>Gráfica 4.19 Resistencias a la compresión con adición de EUCON AWA al 2.1 ml/100kg de cemento</i>	<i>216</i>
<i>Gráfica 4.20 Resistencias a 28 días, de acuerdo a la dosificación de Silica Fume</i>	<i>217</i>
<i>Gráfica 4.21 Resistencias a 28 días, de acuerdo a la dosificación de EUCON AWA ..</i>	<i>218</i>
<i>Gráfica 6.1 Costo diseños de mezcla, ACI 211</i>	<i>253</i>
<i>Gráfica 6.2 Costo diseños de mezcla, máxima compacidad.....</i>	<i>253</i>
<i>Gráfica 6.3 Relación del beneficio y su costo, diseños ACI 211</i>	<i>254</i>
<i>Gráfica 6.4 Relación del beneficio y su costo, diseños máxima compacidad</i>	<i>254</i>
<i>Gráfica 6.5 Costo por m³ de los diseños de mezcla optimizados.....</i>	<i>260</i>
<i>Gráfica 6.6 Relación del beneficio y su costo, diseños optimizados</i>	<i>260</i>



LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Indicadores y Variables.....	15
Tabla 2.1	Requisitos de Resistencia de Concreto Antideslave.....	18
Tabla 2.2	Criterios de Aceptación para Abastecimientos de Aguas Dudosas (ASTM C 94 o AASHTO M 157).....	28
Tabla 2.3	Límites Químicos para Aguas de Lavado Usadas con Agua de Mezcla (ASTM C 94 O AASHTO M 157).....	28
Tabla 2.4	Tamaño de partículas del agregado.....	42
Tabla 2.5	Comparación de las características físicas del cemento portland, cenizas volantes, escoria de cemento y Silica fume.....	42
Tabla 3.1	Requisitos de Componentes químicas del cemento portland adicionado IP 63	
Tabla 3.2	Requisitos físicos del cemento portland adicionado IP.....	63
Tabla 3.3	Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	66
Tabla 3.4	Límites y Husos para el Agregado Fino.....	70
Tabla 3.5	Cuadro Granulométrico del Agregado Fino.....	70
Tabla 3.6	Pesos Unitarios Suelto y Compactado.....	76
Tabla 3.7	Peso Específico, Gravedad Específica y % de Absorción del Agregado Fino	84
Tabla 3.8	Escala de color Gardner.....	87
Tabla 3.9	Resultados de Impurezas del Agregado Fino.....	87
Tabla 3.10	Contenido de Humedad del Agregado Grueso.....	89
Tabla 3.11	Peso Mínimo de Agregado Grueso a ser Ensayado.....	91
Tabla 3.12	Huso N°6 para Límites del Agregado Grueso.....	94
Tabla 3.13	Cuadro Granulométrico del Agregado Grueso.....	95
Tabla 3.14	Selección de Molde para el Ensayo.....	98
Tabla 3.15	Peso Unitario Suelto y Compactado del Agregado Grueso.....	102
Tabla 3.16	Gravedad Específica, Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso.....	108
Tabla 3.17	Carga Abrasiva y Número de Esferas para Ensayar el Agregado Grueso.	110
Tabla 3.18	Masa Necesaria de Agregado Grueso para el Ensayo de Abrasión.....	111

Tabla 3.19	Porcentaje de Desgaste de los Ángeles.....	113
Tabla 3.20	Cálculo de la Máxima Compacidad de la Combinación de Agregados.....	115
Tabla 3.21	Resultados del Aditivo EUCON 37.....	127
Tabla 3.22	Resumen de las Propiedades Físicas de los Agregados Fino y Grueso	131
Tabla 3.23	Corrección por Desviación Estándar	132
Tabla 3.24	Resistencia Requerida sin Datos de Desviación Estándar	132
Tabla 3.25	Asentamientos o Slump Según la Estructura.....	133
Tabla 3.26	Contenidos de Agua y Aire Atrapado	133
Tabla 3.27	Contenido de Agua y Aire Atrapado Considerando Aire Incorporado	134
Tabla 3.28	Relación Agua/Cemento.....	134
Tabla 3.29	Volumen de Agregado Grueso por Volumen de Concreto.....	134
Tabla 3.30	Diseño para Resistencia de 175 kg/cm² Según ACI.....	136
Tabla 3.31	Diseño para Resistencia de 210 kg/cm² Según ACI.....	138
Tabla 3.32	Diseño para Resistencia de 280 kg/cm² Según ACI.....	141
Tabla 3.33	Factores de Corrección por Desviación Estándar, para Máxima Compacidad	144
Tabla 3.34	Resistencia Requerida sin Datos, para Máxima Compacidad	144
Tabla 3.35	Asentamientos Necesarios Según el Tipo de Estructura, Máxima	
	Compacidad	145
Tabla 3.36	Contenidos de Agua y de Aire Atrapado para el Método de Máxima	
	Compacidad, sin aire atrapado	145
Tabla 3.37	Contenidos de Agua y de Aire Atrapado para el Método de Máxima	
	Compacidad, con aire atrapado	146
Tabla 3.38	Relación Agua/Cemento para el Método de Máxima Compacidad.....	146
Tabla 3.39	Diseño de Resistencia de 175 kg/cm², por Método de Máxima Compacidad	
	147	
Tabla 3.40	Diseño de Resistencia de 210 kg/cm², por Método de Máxima Compacidad	
	150	
Tabla 3.41	Diseño de Resistencia de 280 kg/cm², por Método de Máxima Compacidad	
	152	
Tabla 3.42	Tabla Resumen de los Diseños de Mezclas.....	156
Tabla 4.1	Dosificaciones de Eucon AWA	159
Tabla 4.2	Secuencia y Fecha de Ensayos	159

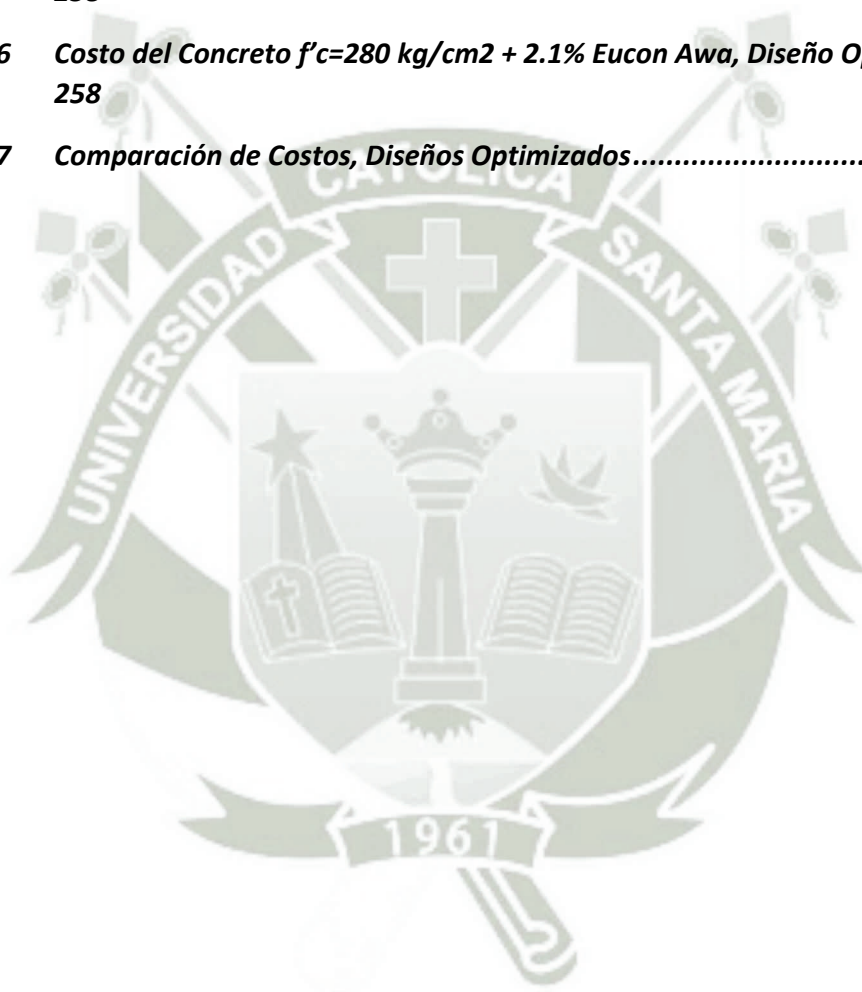
Tabla 4.3	Resultados de Porcentaje de Lavado de Finos y del Slump Flow por el Método ACI	160
Tabla 4.4	Resultados del Porcentaje de Lavado de Finos y Slump Flow por el Método de Máxima Compacidad	162
Tabla 4.5	Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión por el Método ACI	211
		164
Tabla 4.6	Resultados de la Resistencia a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad	177
Tabla 4.7	Resumen de Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211.....	189
Tabla 4.8	Resumen de Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad	190
Tabla 4.9	Resumen del Lavado de Finos y del Slump Flow por el Método ACI 211 ..	190
Tabla 4.10	Resumen del Lavado de Finos y del Slump Flow por el Método de Máxima Compacidad	191
Tabla 4.11	Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211 a 175 kg/cm²	201
Tabla 4.12	Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 175 kg/cm² por el Método ACI 211	201
Tabla 4.13	Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211 a 210 kg/cm²	203
Tabla 4.14	Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 210 kg/cm² por el Método ACI 211	203
Tabla 4.15	Resistencias a la Compresión por el Método ACI 211 a 280 kg/cm²	204
Tabla 4.16	Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 280 kg/cm² por el Método ACI 211	204
Tabla 4.17	Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad a 175 kg/cm² 206	
Tabla 4.18	Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 175 kg/cm² por el Método de Máxima Compacidad	206
Tabla 4.19	Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad a 210 kg/cm² 208	
Tabla 4.20	Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 210 kg/cm² por el Método de Máxima Compacidad	208
Tabla 4.21	Resistencias a la Compresión por el Método de Máxima Compacidad a 280 kg/cm² 209	
Tabla 4.22	Porcentaje de la Resistencia a la Compresión con Base a la Resistencia de Diseño de 280 kg/cm² por el Método de Máxima Compacidad	209

Tabla 4.23	<i>Resistencias a la Compresión con Adición de Silica Fume al 5%</i>	211
Tabla 4.24	<i>Resistencias a la Compresión con Adición de Silica Fume al 10%</i>	212
Tabla 4.25	<i>Resistencias a la Compresión con Adición de Silica Fume al 15%</i>	213
Tabla 4.26	<i>Resistencias a la Compresión con Adición de EUCON AWA al 0.65 ml/ 100kg de Cemento.....</i>	214
Tabla 4.27	<i>Resistencias a la Compresión con Adición de EUCON AWA al 1.37 ml/ 100kg de Cemento.....</i>	215
Tabla 4.28	<i>Resistencias a la Compresión con Adición de EUCON AWA al 2.1 ml/ 100kg de Cemento.....</i>	216
Tabla 4.29	<i>Porcentaje de Aumento de Resistencias a Partir de la Línea Base de Resistencias a la Compresión, por el Método ACI 211</i>	219
Tabla 4.30	<i>Porcentaje de Aumento de Resistencias a Partir de la Línea Base de Resistencias a la Compresión, por el Método de Máxima Compacidad.....</i>	219
Tabla 5.1	<i>Dosificaciones Recomendadas de Aditivos</i>	221
Tabla 5.2	<i>Relaciones Agua/Cemento Recomendadas para Diseño</i>	222
Tabla 5.3	<i>Características de los Materiales de Diseño.....</i>	223
Tabla 5.4	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 10% de Silica Fume</i>	224
Tabla 5.5	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 10% de Silica Fume</i>	225
Tabla 5.6	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 10% de Silica Fume</i>	226
Tabla 5.7	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 15% de Silica Fume</i>	227
Tabla 5.8	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 15% de Silica Fume</i>	228
Tabla 5.9	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 15% de Silica Fume</i>	229
Tabla 5.10	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 1.4% de EUCON AWA.....</i>	230
Tabla 5.11	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 1.4% de EUCON AWA.....</i>	231
Tabla 5.12	<i>Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 1.4% de EUCON AWA.....</i>	232

Tabla 5.13	Diseño Recomendado de Resistencia a 175 kg/cm², adicionado al 2.1% de EUCON AWA.....	233
Tabla 5.14	Diseño Recomendado de Resistencia a 210 kg/cm², adicionado al 2.1% de EUCON AWA.....	234
Tabla 5.15	Diseño Recomendado de Resistencia a 280 kg/cm², adicionado al 2.1% de EUCON AWA.....	235
Tabla 5.16	Resumen de los Diseños De Mezclas por el Método ACI 211, los Aditivos Silica Fume y EUCON AWA	236
Tabla 6.1	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, ACI 211	237
Tabla 6.2	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, ACI 211	238
Tabla 6.3	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, ACI 211	238
Tabla 6.4	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika fume, ACI 211	238
Tabla 6.5	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ Eucon awa, ACI 211	239
Tabla 6.6	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ Eucon awa, ACI 211	239
Tabla 6.7	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ Eucon awa, ACI 211.....	239
Tabla 6.8	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ACI 211	240
Tabla 6.9	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, ACI 211	240
Tabla 6.10	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, ACI 211	240
Tabla 6.11	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika fume, ACI 211	241
Tabla 6.12	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ Eucon awa, ACI 211	241
Tabla 6.13	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ Eucon awa, ACI 211	241
Tabla 6.14	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ Eucon awa, ACI 211.....	242
Tabla 6.15	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, ACI 211	242
Tabla 6.16	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, ACI 211	242
Tabla 6.17	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, ACI 211	243
Tabla 6.18	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\%$ Sika fume, ACI 211	243
Tabla 6.19	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\%$ Euco awa, ACI 211	243
Tabla 6.20	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\%$ Eucon Awa, ACI 211.....	244
Tabla 6.21	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\%$ Eucon awa, ACI 211.....	244
Tabla 6.22	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, MC.....	244
Tabla 6.23	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 5\%$ Sika fume, MC.....	245
Tabla 6.24	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\%$ Sika fume, MC.....	245

Tabla 6.25	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika fume, MC}$.....	245
Tabla 6.26	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ Eucon awa, MC}$	246
Tabla 6.27	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ Eucon awa, MC}$	246
Tabla 6.28	Costo del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon awa, MC}$	246
Tabla 6.29	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2, \text{MC}$.....	247
Tabla 6.30	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika fume, MC}$.....	247
Tabla 6.31	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika fume, MC}$.....	247
Tabla 6.32	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika fume, MC}$.....	248
Tabla 6.33	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ Eucon awa, MC}$	248
Tabla 6.34	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ Eucon awa, MC}$	248
Tabla 6.35	Costo del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon awa, MC}$	249
Tabla 6.36	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2, \text{MC}$.....	249
Tabla 6.37	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 5\% \text{ Sika fume, MC}$.....	249
Tabla 6.38	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika fume, MC}$.....	250
Tabla 6.39	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika fume, MC}$.....	250
Tabla 6.40	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 0.65\% \text{ Eucon awa, MC}$	250
Tabla 6.41	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.37\% \text{ Eucon awa, MC}$	251
Tabla 6.42	Costo del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon awa, MC}$	251
Tabla 6.43	Comparación de Costos, Diseños Analizados ACI 211	251
Tabla 6.44	Comparación de Costos, Diseños Analizados Máxima Compacidad	252
Tabla 6.45	Costo del Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika Fume, Diseño Optimizado}$ 255	
Tabla 6.46	Costo del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika Fume, Diseño Optimizado}$ 255	
Tabla 6.47	Costo del Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 10\% \text{ Sika Fume, Diseño Optimizado}$ 255	
Tabla 6.48	Costo del Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika Fume, Diseño Optimizado}$ 256	
Tabla 6.49	Costo del Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika Fume, Diseño Optimizado}$ 256	
Tabla 6.50	Costo del Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 15\% \text{ Sika Fume, Diseño Optimizado}$ 256	

Tabla 6.51	Costo del Concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2 + 1.4\% \text{ Eucon Awa, Diseño Optimizado}$	257
Tabla 6.52	Costo del Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2 + 1.4\% \text{ Eucon Awa, Diseño Optimizado}$	257
Tabla 6.53	Costo del Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 1.4\% \text{ Eucon Awa, Diseño Optimizado}$	257
Tabla 6.54	Costo del Concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon Awa, Diseño Optimizado}$	258
Tabla 6.55	Costo del Concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon Awa, Diseño Optimizado}$	258
Tabla 6.56	Costo del Concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2 + 2.1\% \text{ Eucon Awa, Diseño Optimizado}$	258
Tabla 6.57	Comparación de Costos, Diseños Optimizados.....	259



REFERENCIAS

- ACI-116R. (2005). *Cement and Concrete Terminology*.
- American Concrete Institute Committee 211. (2008). *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials*. Farmington Hills, USA.
- ASTM.C33. (2016). Especificación Normalizada para Agregados para Concreto.
- Euclid Group Eucomex. (2016). *EUCON 37*.
- Holland, T. C. (2005). *Silica Fume User's Manual*. Silica Fume Association .
- Izumi, T. (1990). Special Underwater Concrete Admixtures. *Concrete Engineering*. V. 28. N°3, 23.
- Kawai, T. (1987). *Non-Dispersible Underwater Concrete Using Polymers*. Brighton, England: Marine Concrete, International Congress on Polymers in Concrete.
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Portland Cement Association .
- NTP.339.185. (2002). Método de Ensayo Normalizado para Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados por Secado.
- NTP.339.185. (2002). Método de Ensayo Normalizado para Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados por Secado.
- NTP.400.012. (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP.400.012. (2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- NTP.400.013. (2002). AGREGADOS. Método de Ensayo Normalizado para Determinar el Efecto de las Impurezas Orgánicas del Agregado Fino sobre la Resistencia de Morteros y Hormigones.
- NTP.400.017. (2011). AGREGADOS. Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Agregado.
- NTP.400.017. (2011). AGREGADOS. Método de Ensayo Para Determinar el Peso Unitario del Agregado.
- NTP.400.019. (2002). Resistencia a la Degradación de Agregados Gruesos de Tamaños Menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Angeles.
- NTP.400.021. (2002). Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.
- NTP.400.022. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- Ramachandran, V. S. (1984). *Concrete Admixtures Handbook*. Park Ridge, N. J., USA: Noyes Publication.

S. P. (2014). Sika Fume.

Sika, P. S. (2012). Sika Sikament TM 350.

The Euclid Chemical Company. (2008). *EUCON AWA*.

The U.S. Army Corps of Engineers. (2006). *CRD C661 - Specification for Antiwashout Admixtures for Concrete*.

Universidad de Buenos Aires, F. d. (1991). Colocación de hormigón bajo agua por el procedimiento Tremie. In *Cimentaciones*.



BIBLIOGRAFÍA

- *Joseph J. Assaad; Yehia Daou; Hadi Salman; (2010); Correlating Washout to Strength Loss of Underwater Concrete*
- *B W Staynes; (1994); Mix Design for Underwater Concrete;*
- *M. Sonebi, A. K. Tamimi and P. J. M. Bartos;(1999); Application of Factorial Models to Predict the Effect of Antiwashout Admixture, Superplasticizer and Cement on Slump, Flow Time and Washout Resistance of Underwater Concrete; Materials and Structures/Matériaux et Constructions, Vol. 33*
- *Concreto antideslave Ficha técnica Cemex México 2015*
- *Concreto Tremie – www.hormiconcretos.com*
- *Concreto para Sistema Tremie – www.argos.com.co*
- *Concreto Tremie – www.unicon.com.pe*
- *Aditivo Líquido Antideslave BASF-The Chemical Company*
- *Ing. Enrique Riva López; Concreto de Alta Resistencia; Fondo Editorial ICG; Segunda Edición 2012*
- *Ing. Enrique Pasquel Carbajal; Tópicos de Tecnología del Concreto; Impreso Lima, Perú 1999; Segunda edición.*
- *Ing. Favio Abanto Castillo; Tecnología del Concreto; Editorial San Marcos; Primera Edición.*
- *American Concrete Institute. Concrete Reported by ACI 211*
- *Materiales de la Construcción; Fondo Editorial ICG; Segunda edición 2010.*
- *Ing. Enrique Riva López; Diseño de Mezclas; Fondo Editorial ICG; Primera Edición 2010.*
- *Ing. Enrique Riva López; Materiales para el Concreto; Fondo Editorial ICG; Segunda Edición 2010.*
- *Norma Técnica Peruana; NTP 400.037:2002; Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón. (concreto)*

ANEXOS





AREQUIPA-PERU

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

La que suscribe, Ing. Milagros Guillén Málaga, Coordinadora del Laboratorio de Suelos y Concreto del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR

Que los señores Bachilleres en Ingeniería Civil:

EDSON JESUS MACEDO BENAVENTE

JUAN MIRANDA CHAVEZ

Código N° 2009602401

Código N° 2009701161

Han realizado los ensayos de Laboratorio de Concreto y Materiales de Construcción para complementar su trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Civil cuyo Título es: "DISEÑO DE CONCRETO ANTIDESLAVE, PARA VACIADOS EN ZONAS DE PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO ALTO CON USO DE ADITIVOS, EN LA CIUDAD DE AREQUIPA"

Los ensayos efectuados por los señores tesisistas fueron los siguientes:

- 05 Análisis Granulométrico por Tamizado de agregados.
- 02 Ensayos de Peso Unitario suelto
- 02 Contenido de Humedad de agregados
- 02 Ensayo de Impurezas orgánicas del agregado fino/grueso
- 01 Ensayo de Peso específico y absorción de agregados
- 840 Elaboración y ensayos de resistencia a la compresión: Probetas de concreto

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos, Concreto y Materiales de la Construcción, han sido realizados entre el 11/12/2015 y el 30/01/2016

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estimen conveniente.

Arequipa, 07 de abril de 2016

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ING. MILAGROS GUILLEN MALAGA
COORDINADORA DEL LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO