



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO: MIXER Y DISPENSADOR

Shirley Marina Carrillo Siancas

Piura, 17 de Diciembre de 2003

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

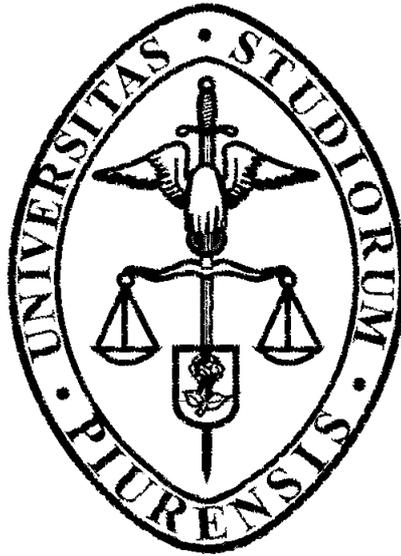
Diciembre 2003



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



“Estudio comparativo entre tecnologías de producción de concreto: Mixer y Dispensador”

**Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil**

Shirley Marina Carrillo Siancas

Asesor : Mgtr. Ing. Manuel Antonio Ramírez

Piura, Agosto 2003

***A DIOS Y A LA VIRGEN MARIA
POR ESTAR SIEMPRE
PRESENTES EN MI VIDA
CUIDÁNDOME***

Y

***A MIS PADRES QUIENES CON
CARIÑO SIEMPRE ME HAN
AYUDADO Y APOYADO EN MIS
DECISIONES***

PRÓLOGO

Durante muchos años, las construcciones han sido efectuadas elaborando el concreto in situ, pero con el transcurrir del tiempo se ha llegado a la conclusión que la tecnología era la solución principal a los problemas dados en obra. Producto de ello surge el concreto premezclado. Esta tecnología es implantada teniendo en cuenta la condición económica, rapidez y calidad de la obra.

Hasta hace poco, no más de 7 años, existían en el Perú solamente camiones mezcladores de concreto, tipo Mixer, pero ahora existe en la industria nacional la producción de concreto premezclado mediante el empleo de la tecnología de Dispensadores, llamados según la norma ASTM C 685 “Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous” que significa “Equipos de Medición Volumétrica y Mezclado continuo”. Esta nueva tecnología, además de aplicarse en la zona Norte de Perú, también se utiliza en Lima, y por ello es importante conocer las diferencias que existen entre esta tecnología y las plantas dosificadoras.

Al introducir la nueva tecnología de Dispensadores, Bloques Piura (Planta de Premezclados de Cementos Pacasmayo S.A.A.), se encontró con la necesidad de modificar los diseños de concreto establecidos para los camiones mezcladores, debido a que al producir mezclas idénticas en ambas tecnologías resultaban concretos con iguales características mecánicas, pero con diferentes características físicas, específicamente de diferentes asentamientos. Por este motivo Bloques Piura decidió empezar esta investigación con alumnos de la Universidad de Piura (UDEP) los cuales pudieran utilizar este tema de investigación, como tema de tesis.

Al ver estas diferencias entre las unidades de despacho de concreto, el interés de la empresa era averiguar de qué forma podrían afectar estas diferencias a la calidad del concreto y ver las posibles mejoras, asimismo cuantificar las diferencias existentes y capitalizarlas, ya se había observado que al corregir los diseños en el Dispensador, producían concretos con menor cantidad de cemento y en consecuencia, menor calor de hidratación. Por lo dicho anteriormente, se lograrían concretos con menores costos de

producción. Bloques Piura también quería averiguar las causas del porque existían estas diferencias en las unidades de despacho de concreto.

A la luz de lo expuesto, se decidió realizar el trabajo respectivo, por lo que se tuvo que introducir al sistema de producción de concretos, la nueva tecnología de Dispensadores, que son un tipo de mezcladores que tiene la característica de transportar los materiales en tolvas separadas, y al llegar al lugar del vaciado se mezclan en un tornillo de alta potencia de aproximadamente 2 m. de largo. Es importante resaltar que a pesar de llamarse de medición volumétrica, la calibración se realiza en base a una dosificación en peso y compararla con la tecnología tradicional del Perú que son los camiones mezcladores, conocidos como “Mixer”.

Estas investigaciones deben tener mucho énfasis pues aunque el concreto premezclado en la actualidad no está muy extendido en nuestro país, la tendencia evidentemente es a crecer y por lo tanto hay que profundizar los estudios del premezclado. Siendo un tema de investigación muy amplio, es de esperar que como corolario del mismo surjan otros estudios que profundicen el conocimiento de estas tecnologías.

Finalmente quisiera agradecer a las personas que con su apoyo contribuyeron a realizar el presente trabajo: a Bloques Piura (Planta de Premezclado de Cementos Pacasmayo S.A.A.) por haberme dado la oportunidad de realizar mis pruebas en sus instalaciones; al Ingeniero Luis Eduardo García Baux de forma muy especial, gerente de planta, quien con sus valiosos conocimientos y en forma desinteresada ha sido un permanente guía; a la Ingeniera Ana Biondi Shaw por su valioso asesoramiento y desinteresada colaboración, que me permitió absolver muchas dudas e inquietudes; al Ingeniero Manuel Antonio Ramírez, mi asesor, por su apoyo y orientación que han hecho factible el cumplimiento de los objetivos trazados y por haber sido el nexo entre Cementos Pacasmayo y la Universidad de Piura, asimismo a todas las personas que de una u otra manera me han posibilitado la culminación del presente trabajo.

Y por último, y no por esto menos importante, quiero agradecer a la Universidad de Piura, que por muchos años me ha impartido mi formación técnica, plena de valores y ética invaluable que la llevare presente y aplicaré con orgullo a lo largo de mi vida profesional y personal.

Shirley Marina Carrillo Siancas
Bachiller en Ciencias de la Ingeniería

RESUMEN

El objetivo principal de esta tesis es analizar y evaluar comparativamente el comportamiento de concreto usando las tecnologías de despacho de concreto llamados, Mixer y Dispensador. Asimismo mostrar la diferencia que existe entre estas tecnologías, cuantificarlas y capitalizarlas al momento de producir concreto.

El Dispensador, es un tipo de mezclador que tiene la característica de transportar los materiales en tolvas separadas y los mezcladores son la tecnología tradicional del Perú.

La metodología empleada fue la de tomar mezclas idénticas en ambas tecnologías, obteniéndose medidas de asentamiento y resistencia a la compresión. También se analizó las posibles causas del porque la diferencia de slump entre ambas tecnologías.

Al analizar los resultados se obtuvo que el Dispensador arrojaba 2.5 veces más slump que el Mixer. Por esto al encontrar estos revenimientos altos y no utilizables en el medio, significaba una reducción de agua y al conservar las características mecánicas, es decir las resistencias a la compresión iguales, se tenía que conservar la relación W/C, por ello se tenía que disminuir el cemento, significando una reducción en el costo de producción del concreto, pero como se vera en este estudio, esta reducción de costos sólo se da para relaciones agua/cemento altas.

INDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO I GENERALIDADES DE CONCRETO	10
1.1 El concreto como material	10
1.2 Componentes del concreto.....	11
1.2.1 Cemento Portland	
1.2.1.1 Definición	
1.2.1.2 Tipos	
1.2.2 Agregados	
1.2.2.1 Definición	
1.2.2.2 Clasificación	
1.2.2.3 Propiedades	
1.2.2.4 Ensayos de Agregado para la dosificación de Mezclas	
1.2.3 Agua	
1.2.3.1 Definición	
1.3 Propiedades del concreto	15
CAPÍTULO II CONCRETO PREMEZCLADO	16
2.1 Mezcladores	17
2.1.1 Mixer	
2.1.1.1 Descripción	
2.1.1.2 Características	
2.1.1.3 Sistemas de Mezclado	
2.1.1.4 Aplicaciones	
2.2 Dispensadores	19
2.2.1 Descripción	
2.2.2 Características	
2.2.3 Sistemas de mezclado	
2.2.4 Descarga de los Materiales	
2.2.5 Aplicaciones	
2.2.6 Calibración del Dispensador	
2.2.6.1 Calibración del Cemento	
2.2.6.2 Calibración de los Agregados	
2.2.6.3 Calibración del Agua	
2.2.7 Parámetros de Calibración	
2.2.7.1 Para el Cemento	
2.2.7.2 Para los Agregados	
2.2.7.3 Para el agua	
2.3 Comparación resumida entre el Mixer y el Dispensador	23

CAPÍTULO III	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO	24
3.1	Materiales utilizados	25
3.1.1	Cemento Portland Tipo MS	
3.1.2	Agregados	
3.1.2.1	Agregado Fino	
3.1.2.2	Agregado Grueso	
3.1.3	Agua	
3.2	Calibración de los Materiales Utilizados	28
3.3	Método de Diseño Utilizado	35
3.3.1	Diseños realizados por el método ACI	
3.3.2	Diseño Realizado por el método de Pesos Unitarios Compactados	
3.3.3	Elección del Método a utilizar	
CAPÍTULO IV	DISEÑO DE PROBETAS EN LABORATORIO	43
4.1	Esquema del Trabajo realizado	44
4.2	Determinación de las cantidades utilizadas en las Mezclas de Concreto	45
CAPITULO V	RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS	48
5.1	Resultados de las probetas realizadas	48
5.1.1	Resultados de los diseños de mezcla idénticos realizados tanto en Mezcladora como en Dispensador	
5.1.2	Resultados de los diseños de mezcla trabajables realizados en Dispensador	
5.2	Resumen de los Resultados de las probetas realizadas	55
5.2.1	Resumen de los Resultados de los diseños de mezcla idénticos realizados tanto en Mezcladora como en Dispensador	
5.2.2	Resumen de los Resultados de los diseños de mezcla trabajables realizados en Dispensador	
5.3	Análisis de los resultados	57
5.3.1	Slump: Comparación entre las dos tecnologías (Mixer y Dispensador)	
5.3.2	Resistencia a la compresión: Comparación ambas tecnologías	
5.4	Análisis de las probetas mediante Ensayos Individuales y Consecutivos	62
5.4.1	Ensayos Individuales	
5.4.2	Ensayos Consecutivos	
5.4.3	Análisis de los gráficos de los Ensayos Individuales y Ensayos Consecutivos	
5.4.3.1	Relación agua/cemento 0.57	
5.4.3.2	Relación agua/cemento 0.49	
5.4.3.3	Relación agua/cemento 0.41	
5.5	Aproximación de la resistencia a la compresión según la relación agua/cemento	73
5.5.1	Relación agua/cemento 0.57	
5.5.2	Relación agua/cemento 0.49	
5.5.3	Relación agua/cemento 0.41	
5.6	Análisis comparativo de la desviación estándar obtenida con Mixer y Dispensador	76

5.7	Análisis de la desviación estándar obtenida con Mixer y Dispensador en estudios elaborados por BLOQUES PIURA	77
-----	--	----

CAPÍTULO VI BASE DE DATOS ANTERIORES A ESTE ESTUDIO.....92

6.1	Gráficas CIBI (Mixer)	93
6.2	Gráficas DISPENSADOR	95
6.3	Aplicación de las Ecuaciones 6.1 (Mixer) y 6.2 (Dispensador)	97
6.4	Procedimiento a seguir para elaborar un diseño de mezcla	97

CAPITULO VII ANALISIS DE COSTOS99

7.1	Ahorro de Cemento en el Dispensador	99
7.2	Análisis de Costos de los materiales empleados según la tecnología de despacho utilizada	103

CAPITULO VIII POSIBLES CAUSAS DEL PORQUE LA DIFERENCIA DE SLUMP ENTRE LAS DOS TECNOLOGÍAS106

8.1	Primera causa: Pérdida de agua por el ambiente	107
8.2	Segunda Causa: Por Absorción de los Agregados	107
8.3	Tercera Causa: Otros	108

CAPÍTULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES110

9.1	Conclusiones	110
9.2	Recomendaciones	112

CAPÍTULO X BIBLIOGRAFÍA113

CAPÍTULO XI ANEXOS115

ANEXO A:	ENSAYOS FISICOS Y QUIMICOS DE LOS MATERIALES	
ANEXO B:	ANALISIS DE PESOS UNITARIOS COMPACTADOS	
ANEXO C:	DOCUMENTACION FOTOGRAFICA	
ANEXO D:	ESPECIFICACIONES DE LAS PROBETAS	
ANEXO E:	GUIDE FOR THE USE OF VOLUMETRIC-MEASURING AND CONTINUOUS-MIXING CONCRETE EQUIPMENT	
ANEXO F:	STANDARD SPECIFICATION FOR CONCRETE MADE BY VOLUMETRIC BATCHING AND CONTINUOUS MIXING	
ANEXO G:	ESPECIFICACIONES DE LAS PROBETAS DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA DE POECHOS	
ANEXO H:	ESPECIFICACIONES DE LAS PROBETAS DE LA CONSTRUCCION DE PUENTES EN TUMBES	

INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales de más uso en la construcción a nivel regional y mundial. Presenta dos características básicas que lo hacen diferente al resto de los materiales: en primer lugar, puede ser preparado al momento, ya sea por los mismos ingenieros de obra o en una planta de premezclado, debiendo en ambos casos conocer las cantidades de material a mezclar para obtener el concreto apropiado; y en segundo lugar, el concreto debe cumplir con los requisitos en dos estados, el fresco y el endurecido, en el primero básicamente de consistencia y cohesión, y en el segundo de resistencia y durabilidad.

A continuación detallo en forma general, la composición del presente trabajo, esperando que sea útil como futura referencia bibliográfica para todo aquel que quiera profundizar las investigaciones del concreto premezclado, ya que existe mucho por indagar.

En el Capítulo I: **GENERALIDADES DE CONCRETO**

Se muestra de manera breve y concisa la naturaleza del concreto, su composición y propiedades. Asimismo se enuncia una pequeña información acerca de los componentes que forman parte del concreto.

En el Capítulo II: **CONCRETO PREMEZCLADO**

Se habla de los conceptos básicos del premezclado, detallando los conceptos acerca de las dos tecnologías base de este estudio, es decir el Mixer y el Dispensador. Para cada una de estas tecnologías se da su descripción, características, sistemas de mezclado y aplicaciones. También se incluye las ventajas y desventajas en un cuadro comparativo entre las dos tecnologías.

En el Capítulo III: **DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO**

Aquí se expone los tipos de materiales utilizados, asimismo la calibración de los mismos para el caso del Dispensador. También se muestra la elección del método de diseño de concreto y las causas que nos llevaron a esta elección. Se comenta la poca efectividad del método ACI para concretos en el Perú, pero es un buen punto de partida para la corrección de mezclas de concreto y llegar a obtener un buen método diseño.

En el Capítulo IV: **DISEÑO DE PROBETAS EN LABORATORIO**

Aquí se explica detalladamente el esquema de trabajo realizado, especificándose el número de probetas ensayadas según cada tecnología y tipo de concreto. Asimismo se muestra la cantidad de material utilizado en cada una de las mezclas de concreto.

En el Capítulo V: **RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS**

Se exponen los resultados obtenidos para los distintos diseños planteados en el capítulo anterior, tanto para la mezcladora como para el Dispensador. Después de mostrar los resultados se procedió a analizarlos, evaluándolos desde dos puntos de vista: el slump de la mezcla y la resistencia a la compresión, estos dos factores han constituido la parte mas importante de este estudio. También se incluye dos estudios estadísticos realizados por la Planta Bloques Piura que son: La central Hidroeléctrica de Poechos y la Construcción de los Puentes en Tumbes.

En el Capítulo VI: BASE DE DATOS

Aquí se muestra la base de datos existente en Bloques Piura (planta de Cementos Pacasmayo S.A.A.), comparándola con los resultados obtenidos en este tema de investigación para cada una de las unidades de despacho de concreto, llámese Mixer y Dispensador. También se muestra el correcto procedimiento para elaborar una mezcla de concreto.

En el Capítulo VII: ANALISIS DE COSTOS

Se presenta el análisis de costos del concreto, mostrando el ahorro del cemento para el caso del Dispensador y como va aumentando este ahorro según disminuye la relación agua/cemento. Pero se ha encontrado como hipótesis que este ahorro sólo se da para relaciones agua/cemento altas más no cuando se trata de relaciones agua/cemento bajas, en las cuales la disminución de cemento se hace mayor. Por lo tanto se resume que existe un límite en la relación W/C, en que cuando esta disminución de cemento llega a ser muy significativa, produce una reducción en la resistencia a compresión y esto se deba posiblemente a que la mezcla le falta material cementante.

En el Capítulo VIII: POSIBLES CAUSAS del PORQUE DE La DIFERENCIA DE SLUMP ENTRE LAS DOS TECNOLOGÍAS

Aquí se muestra las posibles causas del porque la diferencia de slump entre las dos tecnologías materia de este estudio. Se cuantifican cada una de las posibles causas, para animar a su posterior estudio y profundización.

En el Capítulo IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después del respectivo análisis de los resultados se muestran varias conclusiones de las cuales queda claramente explicado las diferencias existentes entre las dos tecnologías estudiadas y las aplicaciones de cada una de ellas. De estas conclusiones se deriva una serie de recomendaciones de cómo mejorar la calidad del concreto.

En el Capítulo IV: BIBLIOGRAFÍA

Se alcanza información bibliográfica que sirvió de guía en el presente estudio

En el último Capítulo: ANEXOS

Después de los capítulos anteriores se presentan una serie de anexos en donde se detalla información importante tal es el caso de los ensayos físicos y químicos de los materiales utilizados en las mezclas de concreto, el análisis de pesos unitarios compactados y material fotográfico. Estos anexos nos ayudarán a comprender el mejor desarrollo del presente trabajo.

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL CONCRETO

1.1 El concreto como material

El concreto es básicamente una mezcla de agregados y pasta. La pasta está compuesta de Cemento Portland y agua, la cual une los agregados fino y grueso para formar una masa semejante a una roca, pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el Cemento y el agua.

La pasta esta compuesta por Cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de éste.

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de la pasta endurecida. Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado esta completamente cubierta con pasta y también todos los espacios entre partículas de agregado.

1.2 Componentes del Concreto

1.2.1 Cemento Portland

1.2.1.1 Definición

Es un aglomerante hidráulico y proviene de la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos y posterior molienda muy fina del “Clinker” que es el material resultante de la calcinación, con una pequeña adición de yeso, menor al 1% del peso total. El cemento posee la propiedad que al mezclarlo con agua forma una pasta aglomerante, que unido a los agregados y a medida que transcurre el tiempo va aumentando su resistencia y volviéndose más rígida.

1.2.1.2 Tipos

Los tipos de cemento que existen son Los tradicionales: Cementos Portland. Tipo I, Tipo II, Tipo III, Tipo IV y Tipo V.

El cemento Portland normal debe cumplir con los requisitos indicados en la norma ASTM C 150 para los tipos I, II y V, los cuales se fabrican en el Perú. Alternativamente podrán emplearse los requisitos de las normas NTP para cementos.

Tipo I: Es para uso general, donde no se requieran propiedades especiales.

Tipo II: Donde se requiera moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III: Donde se requiera alta resistencia inicial.

Tipo IV: Donde se requiera bajo calor de hidratación.

Tipo V: Donde se requiera alta resistencia a los sulfatos.

También existen los Cementos Portland Adicionados que se les llama así porque contienen pequeños porcentajes de otros materiales denominados ADICIONES (puzolanas, escorias, caliza, filler etc). Esta incorporación contribuye a mejorar las propiedades del concreto. Entre ellos tenemos:

Cementos Portland Puzolánicos:	Tipo IP, Tipo IPM y Tipo P
Cementos Portland de escoria:	Tipo IS, Tipo ISM y Tipo S
Cementos Portland compuesto:	Tipo ICo

1.2.2 Agregados

1.2.2.1 Definición

Es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en la NTP 400.011. Los agregados son la parte inerte del concreto, sin embargo al constituir entre 65% y 75% aproximadamente del total del concreto, debemos tener muy clara su importancia, la cual antiguamente y durante muchos años fue poco considerada.

1.2.2.2 Clasificación

Los agregados por su tamaño generalmente se dividen en dos grupos: Agregado fino y Agregado grueso.

Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pasan la malla N°. 4 (4.75 mm) y los agregados gruesos consisten en grava o agregado triturado y son aquellas partículas retenidas en la malla No. 4 (4.75 mm). El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

Al observar la norma podemos ver que existen variedad de usos granulométricos en lo que lo básico es la variación del tamaño máximo del agregado grueso. Ver los usos granulométricos en las tablas 1.1 y 1.2 tanto para el agregado fino como para el agregado grueso respectivamente.

Tabla 1.1: Uso Granulométrico para el Agregado Fino

TAMIZ		% que pasa
(pulg.)	(mm)	
3/8	9.50	100
N° 4	4.75	95 – 100
N° 8	2.36	80 – 100
N° 16	1.18	50 – 85
N° 30	0.60	25 – 60
N° 50	0.30	10 – 30
N° 100	0.15	0 - 10

Tabla 1.2: Uso granulométrico para el Agregado Grueso

USO	TAMAÑO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
		4"	3 ½"	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	⅜"	N° 4	N° 8	N° 16
1	3 ½" - 1 ½"	100	90 - 100		25 - 60		0 - 15		0 - 15					
2	2 ½" - 1 ½"			100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5					
3	2" - 1"				100	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5				
357	2" - N° 4				100	95 - 100		35 - 70		0 - 30		0 - 5		
4	1 ½" - ¾"					100	90 - 100	20 - 55	0 - 5		0 - 5			
467	1 ½" - N° 4					100	95 - 100		35 - 70		10 - 30	0 - 5		
5	1" - ½"						100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
56	1" - ⅜"						100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5		
→ (*) 57	1" - N° 4						100	95 - 100		25 - 60		0 - 10	0 - 5	
6	¾" - ⅜"							100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
67	½" - N° 4							100	90 - 100		20 - 55	0 - 10	0 - 5	
7	⅜" - N° 8								100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
8	½" - ⅜"									100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5
89	N° 4 - N° 8									100	90 - 100	20 - 35	5 - 30	0 - 10
9	N° 4 - N° 16										100	85 - 100	10 - 40	0 - 10

NOTA: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

(*): Para este tema de tesis, se usó el Uso 57 por estar el agregado grueso dentro del rango de Tamaño Nominal permitido.

1.2.2.3 Propiedades

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc. A continuación detallamos alguna de ellas:

- Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia
- Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado, Peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción.

1.2.2.4 Ensayos de Agregado para la dosificación de Mezclas

- **Granulometría**

Con este ensayo de granulometría para ambos agregados podemos determinar el módulo de fineza y el tamaño máximo, tanto para el agregado fino como para el agregado grueso respectivamente. La granulometría es determinada por análisis de tamices (norma ASTM C 136).

Módulo de Fineza: Es la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°. 4, 8, 16, 30, 50 y 100 y posteriormente dividido entre 100. El Módulo de fineza típico varía entre 2.3 y 3.1, representando el valor más alto una granulometría gruesa.

Tamaño máximo: Es la primera malla por la que pasa todo el agregado grueso.

Tamaño máximo nominal: Es la primera malla que produzca un retenido entre 5% y 10%.

- **Peso Unitario**

Es el peso por unidad de volumen (aparente). Se determinan dos formas de peso unitario.

Peso Unitario Suelto: En el que el recipiente se llena normalmente sin presión alguna.

Peso Unitario Compactado: En el que el recipiente se llena con tres capas compactando cada una con la varilla estándar.

- **Peso Específico**

Es el peso por unidad de volumen (agua desplazada por inmersión).

- **Contenido de Humedad**

Es el porcentaje de agua que contiene el agregado

- **Capacidad de Absorción**

Es aquel contenido de humedad que tiene el agregado que se encuentra en el estado saturado superficialmente seco. Este es el estado de equilibrio de los agregados, es decir en que no absorben ni sueltan agua.

1.2.3 Agua

1.2.3.1 Definición

El agua es un elemento indispensable en la elaboración de la mezcla de concreto ya que sirve para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades. Esta agua debe cumplir ciertos requisitos para que no sea perjudicial al concreto.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto. Pero en cualquier caso el agua a usar en la mezcla debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088.

1.3 Propiedades del Concreto

Las propiedades más importantes del concreto al estado fresco incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, cohesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación y peso unitario.

Y las propiedades más importantes del concreto al estado endurecido incluyen las resistencias mecánicas, durabilidad, cambios de volumen, permeabilidad, cambios de temperatura, contracción, módulo de elasticidad y deformaciones elásticas e inelásticas.

CAPITULO II

CONCRETO PREMEZCLADO

En este capítulo se dará a conocer algunos conceptos básicos sobre el premezclado. Existe una norma para el premezclado tradicional, la NTP 339.114, actualizada al año 1999, en esta norma se estipulan las condiciones que deben cumplir los materiales que se van a usar para el concreto refiriéndose a sus normas técnicas, requisitos para la calidad del concreto, tolerancias en el asentamiento, características generales de las plantas de dosificación y los tipos de mezclado.

2.1 Mezcladores

Pueden ser estacionarias o camiones mezcladores, ambos deberán ser capaces de obtener una mezcla homogénea en el tiempo establecido.

Existen tres sistemas de preparación de concreto premezclado:

- Concreto mezclado en la central
- Concreto mezclado parcialmente en la central y terminado en tránsito
- Concreto totalmente mezclado en el camión.

En este tema de investigación se ha usado el concreto totalmente mezclado en el camión y para referirnos a este sistema, en adelante en el presente documento lo llamaremos “Mixer”.

A continuación se alcanzan algunos conceptos básicos sobre el Mixer.

2.1.1 Mixer

2.1.1.1 Descripción

El Mixer es un vehículo mezclador y transportador de concreto fresco que consta de una tolva rotatoria a velocidad variable de forma ovalada ubicada en la parte posterior del vehículo.

La tolva consta de aspas helicoidales dobles de paso corto ubicadas en la parte lateral de la tolva., estas están construidos con la misma chapa utilizada en la fabricación del tambor. Presenta soldado en su extremo un refuerzo contra el desgaste fabricado con el mismo material.

Las aspas helicoidales permiten la fácil recepción de los materiales de la planta dosificadora y la salida del concreto. Para mayor facilidad al despachar concreto, estas aspas helicoidales invierten su sentido.

El sentido y la velocidad de rotación del tambor son obtenidos a través del mando que está compuesto de 3 palancas y 2 cabos de acero. Normalmente está localizado en la parte trasera izquierda de la hormigonera.

2.1.1.2 Características

Capacidad: 7.5m³ por ciclo

Velocidades Ideales del Mixer:

- Velocidad de carga: Dada por el fabricante.
- Velocidad de descarga: Dada por el fabricante.
- Velocidad de transporte: 1 – 6 rev/min.
- Velocidad de mezclado: 70-100 revoluciones en el tiempo de mezclado. (El tiempo de mezclado es dado según la capacidad del Mixer o la mezcladora, según sea el caso).

Se investigó como estaban trabajando las velocidades del Mixer de la Planta de Cementos Pacasmayo en Piura y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Velocidad de carga: 13 – 14 rev/min
- Velocidad de descarga 5 – 6 rev/min
- Velocidad de transporte: 3 rev/min
- Velocidad de mezclado: 23 rev/min.

Para esto se trató de optimizar las Velocidades del Mixer en la Planta de Cementos Pacasmayo en Piura:

- Velocidad de carga y descarga: Estas velocidades no han sido modificadas, ya que éstas son dadas por el fabricante del Mixer.
- Velocidad de mezclado: Como se debe dar 70-100 revoluciones en el tiempo de mezclado y el tiempo de mezclado en el Mixer tendría que ser de 3 min (según su capacidad), entonces las velocidades que se debería alcanzar son de 23.3 a 33.3 rev/min. Sin embargo el Mixer sólo alcanza una velocidad de 23 rev/min, por tal motivo se solucionó este problema aumentando el tiempo de mezclado a 4 minutos.
- Velocidad de transporte: Está dentro del rango ideal conforme se ha dicho anteriormente.

También cabe señalar que se debe tener muy en cuenta que la velocidad de la tolva actúe siempre independiente del motor del carro, es decir sin importar la aceleración o desaceleración del carro, la tolva de mezclado siempre gire a velocidad independiente.

2.1.1.3 Sistema de Mezclado

El sistema de carga y mezclado es a velocidad constante y con la velocidad de carga dada por el fabricante. Se aconseja que al momento de ingresar los materiales a la tolva se agregue de la siguiente manera: en primer lugar se introduzca un tercio del agua de la mezcla y posteriormente los agregados, seguido del cemento para finalizar con la última parte de agua de la mezcla, en este momento se debe incrementar la velocidad de carga a la velocidad de mezclado, cumpliendo con las 70 a 100 revoluciones en el tiempo de mezclado.

2.1.1.4 Aplicaciones

El camión mezclador es usado en los siguientes casos:

- Despachos de concreto a obras cercanas
- Corto tiempo de descarga
- Concretos de alta resistencia
- Facilidad para cualquier tipo de concreto.

2.2 Dispensadores

2.2.1 Descripción

Llamados en la Norma “Equipos de medición volumétrica y mezclado continuo”, son un tipo de mezcladores en que los materiales llegan secos a la obra y en compartimientos separados para finalmente llegar al lugar del vaciado ser mezclados en un tornillo de alta potencia en forma casi instantánea. Es importante decir que a pesar de llamarse de medición volumétrica, la calibración se realiza en base a una dosificación en peso.

2.2.2 Características

Capacidad:	7.5m ³ por ciclo
Velocidad de descarga:	45 m ³ /hr
Tolvas de agregado grueso y agregado fino:	4.358m ³
Tolva de cemento:	2.4m ³
Tanque de agua:	1627 lt

2.2.3 Sistemas de mezclado

El sistema de mezclado es con un tornillo sin fin a 2000 rpm y tras un recorrido de 1.8m tenemos como resultado una mezcla homogénea, además de poder girar en un radio de 120°.

2.2.4 Descarga de los Materiales

Es de la siguiente manera:

- Los agregados: Son secos y su descarga es básicamente a través de una faja colectora a una velocidad constante; y la altura de cama según la abertura de compuerta.
- Los líquidos (agua o aditivos): Son a presión de aire, y su descarga es a través de un flujómetro.
- El cemento: Descarga a través de un tornillo transportador.

2.2.5 Aplicaciones

El Dispensador es usado en ocasiones especiales, tal es el caso de:

- Trabajo en lugares lejanos.
- Mezclas en las que existe largo tiempo de recepción en la obra.
- Entregas de pequeña magnitud y versatilidad en dos o más tipos de concreto.
- Despachos a obras lejanas con menor tiempo de instalación de la base.
- Largo tiempo de descarga.

2.2.6 Calibración del Dispensador

Para trabajar con un diseño de concreto en el Dispensador, previamente hay que determinar los parámetros de operación, por lo tanto es necesario que antes se calibre el Dispensador. El objetivo de la calibración es determinar la tasa de descarga de los materiales ubicados en las tolvas del vehículo.

Para trabajar con un concreto previamente hay que convertir el diseño de mezcla a parámetros de operación y estos se logran empleando la tasa de descarga producto de la calibración.

El Dispensador debe ser calibrado para cada material utilizado en la elaboración del concreto, siguiendo las recomendaciones del fabricante y la norma ASTM C 685. Es importante decir que la calibración se realiza con los materiales secos y además que al calibrar cada material, llámese agregados ó cemento, el Dispensador tiene que estar descargado de todos los materiales excepto el material a calibrar.

Los datos obtenidos de la calibración nos dan el valor de (Kg/vuelta) tanto para el agregado fino, agregado grueso, cemento y agua a usar en el diseño de mezcla y el número de vueltas que ha dado el contómetro indicando la cantidad de concreto producido.

Se debe realizar un procedimiento de calibración nuevamente cuando se trate de:

1. Un nuevo equipo o de un nuevo material, ya que son agregados de densidades distintas.
2. Cuando los resultados de los testigos indiquen que el concreto no se encuentra dentro de los rangos de funcionamiento.
3. Cuando lo requiere el comprador o el ingeniero.
4. Cuando se ha realizado un cambio de materiales.
5. Cuando la unidad fue calibrada hace ya cierto tiempo o cuando se ha realizado un número alto de metros cúbicos de despacho de concreto.

A continuación se muestra la calibración del cemento y de los agregados, pero es importante recalcar que antes de iniciar la calibración se debe verificar que la velocidad de giro del motor (revoluciones/minuto) permanezca constante durante toda la operación; cualquier variación alteraría los flujos de salida de la materia prima.

2.2.6.1 Calibración del Cemento

El sistema de descarga del cemento está conectado directamente al contómetro que determina la cantidad de concreto producido.

La calibración del cemento se lleva a cabo de la siguiente manera:

- El primer paso antes de efectuar la calibración, es que se debe asegurar que los depósitos de los agregados estén vacíos.

- El registro de vueltas debe estar iniciada en cero y se debe realizar un mínimo de cinco calibraciones. Es recomendable que el factor (kg/vuelta) tenga una aproximación a la milésima parte.
- Antes de iniciar con las calibraciones se debe purgar el material, es decir desechar una parte inicial del cemento hasta mantener una descarga uniforme y después empezar con la calibración del material.
- En cada calibración se efectuará aproximadamente 40 vueltas (aprox. 94 libras de cemento) medidas en el contómetro y el cemento descargado en este número de vueltas, es pesado. Asimismo también se toma el tiempo requerido para efectuar el número de vueltas indicado.

De la calibración del cemento se concluye con la siguiente información:

- En cada calibración leída se toma el tiempo (en segundos), el peso neto de material y el número de vueltas.
- Se calcula entonces el peso neto y el peso por m^3 ; también se calcula el peso del cemento descargado en 1 minuto.

2.2.6.2 Calibración del Agregado

El control de la descarga del agregado debe ser calibrada para realizar una correcta proporción del agregado respecto al cemento.

La calibración puede ser realizada, estableciendo la proporción de descarga en peso por unidad de tiempo o peso por unidad de cemento.

La calibración del agregado se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Antes de iniciar la calibración se debe purgar el material a calibrar, es decir, desechar una parte inicial del agregado hasta mantener una descarga uniforme y después empezar con la calibración del agregado.
- La calibración se realiza verificando el valor (kg/vuelta) según la abertura de la compuerta de la salida de áridos para dos alturas (puede ser para 6" y 3"); tres veces cada una.
- Finalmente el resultado se gráfica (peso del agregado (kg/vuelta) VS Altura de la abertura).

El gráfico desarrollado es usado entonces para interpolar la altura de la compuerta requerida por las variaciones de la mezcla de concreto.

Es importante señalar que los agregados deben ser calibrados individualmente tal es el caso para el agregado fino y para el agregado grueso.

2.2.6.3 Calibración del Agua

Normalmente el control máximo de agua permitido es determinado por un tiempo dado o por m^3 en el registro de cemento.

La calibración del agua se lleva a cabo de la siguiente manera:

- El agua descarga es recogida, pesada o medida en un container de graduación para verificar las medidas.
- Verificar la precisión del flujómetro (gal/min) de la siguiente manera: escoger un número de galones/minuto, posteriormente verificar en la balanza el número de galones totales descargado en un minuto y ver si coincide con el seleccionado en el flujómetro.
- Cabe señalar que la calibración se puede realizar en un minuto o en algún otro tiempo que se elija, pero cada calibración realizada debe ser efectuada al menos en el tiempo de descarga para 94 lb de cemento.

Son pocos componentes de operación mecánica involucrados con la descarga de agua que con el cemento, por este motivo, esta calibración podría ser poco necesaria.

2.2.7 Parámetros de Operación

Los parámetros de operación se dan para cada diseño de concreto y para determinar los parámetros de operación del vehículo es necesario contar con el diseño del concreto y los parámetros resultantes de la calibración del Dispensador.

Del diseño de concreto, obtenemos las cantidades finales de material en peso por metro cúbico; estos son transformados a parámetros de operación del Dispensador empleando las tasas de descarga de los materiales de cada uno de las tolvas, obtenidas de la calibración del mismo.

2.2.7.1 Para el cemento

1º Dividir el peso final del cemento (procedente de la dosificación de la mezcla) entre el Factor del cemento (kg/vuelta) obtenido de la Calibración del Alimentador del Cemento; a este resultado le llamamos "A", cuyas unidades son (vueltas/ m^3).

$$A = \text{Cant. Cemento (kg/m}^3\text{)} / \text{Factor Cemento (Kg/vuelta)}$$

2.2.7.2 Para los agregados

1º A los pesos de los agregados se les divide entre el valor hallado en el apartado anterior "A", obteniéndose el valor "B" con unidades (kg/vuelta) para cada agregado.

$$B_1 = \text{Cant. del ag. Fino (kg/m}^3\text{)} / A \text{ (vueltas/m}^3\text{)}$$

$$B_2 = \text{Cant. del ag. Grueso (kg/m}^3\text{)} / A \text{ (vueltas/m}^3\text{)}$$

2° Ingresar los valores de “B₁” y “B₂” (kg/vuelta) en los gráficos (kg/vuelta VS Abertura de la compuerta) para el agregado fino como para el agregado grueso respectivamente. Posteriormente este valor se intercepta con la recta obtenida de la calibración para cada uno de los agregados, se baja la vertical y se conoce la abertura con la que trabajará el agregado fino o el agregado grueso.

2.2.7.3 Para el agua:

1° En la hoja de Calibración del alimentador de cemento, se obtiene el factor “C” cuyas unidades son (Kg/min) que al multiplicarse con la relación agua/cemento de la dosificación de mezcla se obtiene la cantidad de litros de agua necesaria a incorporar en el concreto (lts/min), a este valor le llamamos “D”.

$$D = \text{Factor Agua (kg/min)} * W/C$$

2° A este resultado (lts/min) se le divide por 3.785 para lograr el agua requerida en (gal/min). Este caudal se ubica en el flujómetro.

$$\text{Agua requerida (gal/min)} = D / 3.785$$

2.3 Comparación resumida entre el Mixer y el Dispensador

Aplicaciones	Mixer	Dispensador
Mezclas en las que existe largo tiempo de recepción y descarga de la obra	NO APLICABLE	APLICABLE
Corto tiempo de descarga	APLICABLE	NO APLICABLE
Concretos de alta resistencia (a partir de 350 kg/cm ²)	APLICABLE	NO APLICABLE
Concretos de baja resistencia	APLICABLE	APLICABLE
Trabajo en lugares lejanos	NO APLICABLE	APLICABLE
Despacho a lugares lejanos con menor tiempo de instalación de la base	APLICABLE, pero implica mayor costo y tarda mas tiempo	APLICABLE
Trabajo en lugares cercanos	APLICABLE	APLICABLE
Versatilidad en dos o más tipos de concreto en obra	NO APLICABLE	APLICABLE
Entrega de concreto en pequeñas cantidades	APLICABLE, pero implica mayor costo	APLICABLE
Homogeneidad de la pasta	ALTA	MEDIA
Dificultad tecnológica y mantenimiento	BAJA	ALTA

Nota: El Mixer es “APLICABLE” para obras lejanas si se usa algún aditivo para retardar la fragua del concreto.

CAPITULO III

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

Antes de iniciar este capítulo de diseño de mezclas es necesario conocer los materiales utilizados para la elaboración de las probetas de concreto y los parámetros hallados en la dosificación de mezclas.

Todos estos parámetros están normados por el ASTM así como por las NTP (Normas Técnicas Peruanas).

A continuación se detallan los materiales utilizados, su procedencia y los parámetros usados en la dosificación de mezclas de concreto, asimismo las normas seguidas para hallar dichos parámetros:

3.1 Materiales Utilizados

El material utilizado para las mezclas de concreto fue proporcionado por la Planta de Cementos Pacasmayo S.A.A (Bloques Piura).

3.1.1 Cemento Portland Tipo MS

Es un Cemento Portland con adiciones de escoria de altos hornos, el cual tiene una actividad potencial brindando al concreto moderado calor de hidratación, moderada resistencia a los sulfatos y otras características.

Este cemento es más resistente a la agresión química, ya que debido a la acción química de sus adiciones activas es más resistente cuando se encuentra en contacto con suelos húmedos que contienen sulfatos y sustancias salitrosas que deterioran el concreto. Es adecuado para estructuras, cimentaciones y pisos.

Este cemento desarrolla con el tiempo una resistencia mecánica superior a la del cemento de uso común.

Está compuesto por 30% de escoria, 5% yeso y 65% clinker. Debido a sus propiedades de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos se compara con el cemento tradicional tipo II que tiene requisitos físicos iguales, a excepción del tiempo de fraguado que para el Cemento tipo MS es de 420 minutos y para el Cemento Tipo II de 375 minutos.

El cemento tipo MS está normado por la ASTM C 1157 y en el Perú por la NTP 334.082.

En la tabla 3.1 se muestran las normas y requisitos físicos del Cemento Portland tipo MS.

Tabla 3.1: Normas y Requisitos Físicos del Cemento Portland Tipo MS

Norma ASTM	ASTM C 150
Norma NTP	NTP 334.082
Resistencia a la Compresión	
3 días, kg/cm ² , mínimo	100
7 días, kg/cm ² , mínimo	170
28 días, kg/cm ² , mínimo	280 *
Tiempo de Fraguado	
Inicial, mínimo	45
Final, máximo	420
Expansión en Autoclave	
%, máximo	0.80
Resistencia a los Sulfatos	
% máximo de Expansión	0.10 (6 meses)
Calor de Hidratación	
7 días, máximo, kJ/kg	-
28 días, máximo, kJ/kg	-

* Requisito opcional

3.1.2 Agregados

Se utilizó agregado fino y agregado grueso.

3.1.2.1 Agregado Fino

El agregado fino es una arena natural procedente de la cantera “Chulucanas”, ubicada en la cuenca del Río Piura en el Distrito de Chulucanas a 3 km. de la ciudad de del mismo nombre (ver fig. 3.1).

Como sabemos, si el Módulo de fineza es menor a 2.3 es una arena muy fina; y si el Módulo de fineza es mayor a 3.1 es un arena muy gruesa, Esta arena es gruesa, ya que tiene un módulo de fineza es bastante alto, de 3.046. Pero al ser gruesa, es un muy buen agregado fino.

3.1.2.2 Agregado Grueso

El agregado grueso es una grava natural procedente de la cantera de “Vice”, ubicada entre los kilómetros 32 – 33 de la carretera Piura – Sechura (ver fig. 3.1).

El agregado utilizado fue piedra chancada de 1”, es decir el material proveniente de la cantera es over redondeado, pero en la Planta Pacasmayo en Piura se le realiza el proceso de trituración a través de una chancadora de marca “PEGSON”.

Inicialmente el Over de Vice es puesto en una tolva, para después dejarlo caer a una faja transportadora que lo lleva a la malla N°4 para reducir los finos del material. Luego este es llevado a los tamices de 1 ¼”, ¾” y 3/8”; y si el material no pasa estas mallas es desviado a través de una faja hacia la chancadora, la cual triturará el material para posteriormente regresarlo hacia las mallas donde se obtendría los agregados gruesos de 1”, ½” y 475mm respectivamente. Si el material es demasiado grande, y no pasa las mallas para obtener los agregados requeridos, el ciclo se repite hasta que el agregado grueso cumpla el tamaño necesario para pasar dichos tamices.

Cabe mencionar que la piedra chancada mejora propiedades muy importantes del concreto, como: resistencia a la compresión y adherencia.



En el AnexoA podemos ver los ensayos físicos y químicos realizados para hallar los parámetros de los agregados; y en la tabla 3.2 se muestran las normas requeridas para realizar dichos ensayos.

Tabla 3.2: Normas para hallar los Parámetros Físicos de los Agregados

	NTP		ASTM	
	Ag. Grueso	Ag. Fino	Ag. Grueso	Ag. Fino
Análisis Granulométrico	NTP 400 – 012		ASTM C - 136	
Peso Unitario Suelto y Varillado	NTP 400 – 017		ASTM C – 29	
Peso Específico y Capacidad de Absorción	NTP 400 – 021	NTP 400-022	ASTM C-127	ASTM C-128
Contenido de Humedad			ASTM D - 2216	

En la tabla 3.3 se muestra el resumen de los parámetros físicos de los agregados obtenidos según las normas mencionadas en la tabla 3.2.

Tabla 3.3: Parámetros Físicos de los Agregados Utilizados

	Agr. grueso	Agr. Fino
Procedencia	Vice	Chulucanas
MF	-	3.046
T.M.N.	1”	-
PUvarillado (gr/cm ³)	1535	1537
PUuelto (gr/cm ³)	1435	1442
Gravedad específica de masa	2.619	2.562
Gravedad específica de masa saturada	2.641	2.588
Gravedad específica aparente	2.679	2.629
% absorción	0.86	0.99
%humedad	0.27	0.40

Nota: La piedra y la arena cumplen con los Usos granulométricos (ver el “Ensayo 5” de los Anexos A.1 y A.2).

3.1.3 Agua

El agua utilizada para elaborar las mezclas de concreto, es agua potable que se consume en Piura. Cabe mencionar que al igual que los agregados, también se realizó el ensayo para ver su contenido de sales y cloruros, y nos dimos cuenta que están dentro del rango permisible. Este ensayo lo podemos ver en el “Ensayo 1” del anexo A.3.

3.2 Calibración de los Materiales Utilizados

Para este tema de investigación se realizó la calibración del Dispensador 145 de la Planta de Cementos Pacasmayo S.A.A. en Piura. Respecto al cemento, agua, piedra chancada 1” procedente de Vice y arena gruesa procedente de Chulucanas, provenientes de canteras cercanas a Piura, es importante recalcar que además de todas las causas mencionadas en el capítulo II, cada calibración es diferente para cada tipo de Dispensador .

Se realizó la calibración y los resultados fueron los siguientes:

- **Según la Calibración del Cemento**

El factor de cemento encontrado fue: 0.304 kg/vuelta
 El factor para hallar la cantidad de agua (kg/min) fue: 147.9 kg/min
 (ver tabla 3.4: Hoja de calibración del cemento)

- **Según la Calibración de los agregados**

La calibración se realizó usando la abertura de la compuerta de la salida de áridos para alturas de 6” y 3”; tres veces cada una. Este mismo procedimiento se efectuó tanto para el agregado fino como para el agregado grueso.

(ver tabla 3.5: Hoja de calibración del Agregado fino)
 (ver tabla 3.6: Hoja de calibración del Agregado Grueso)

Posteriormente se construyó una recta con los datos antes mencionados.
 (ver Gráfico 3.1: Curva de calibración del Agregado fino)
 (ver Gráfico 3.2: Curva de calibración del Agregado Grueso)

Para explicar con más detalle el procedimiento de transformación de las cantidades finales del diseño de mezcla a los parámetros de operación del Dispensador, se ha tomado un diseño de los que se verán más adelante para efectuar un ejemplo práctico. Todo el procedimiento a desarrollar está explicado en el apartado 2.2.8.

En el siguiente diseño de mezcla se tienen las cantidades húmedas finales:

Cemento = 352 kg.
 Agua = 211.06 litros.
 Ag. Fino = 788.05 kg.
 Ag. Grueso = 983.32 kg.
 W / c = 0.60

Datos:

Factor cemento: 0.304 kg/vuelta
 Factor del agua: 147.9 kg/min

$$1^{\circ} \quad A = \text{Cant. Cemento (kg/m}^3\text{)} / \text{Factor Cemento (Kg/vuelta)}$$

$$A = 352 / 0.304 = 900 \text{ vueltas / m}^3$$

$$2^{\circ} \quad B_1 = \text{Cant. del ag. Fino (kg/m}^3\text{)} / A \text{ (vueltas/m}^3\text{)}$$

$$B_2 = \text{Cant. del ag. Grueso (kg/m}^3\text{)} / A \text{ (vueltas/m}^3\text{)}$$

$$B_1 \text{ Ag. Fino} = 788.05 / 900 = 0.6 \text{ kg/vuelta}$$

$$B_2 \text{ Ag. grueso} = 983.32 / 900 = 1.1 \text{ kg/vuelta}$$

3° Introduzco los valores “B₁” y “B₂” en los gráficos 3.1 y 3.2 para el agregado fino y agregado grueso respectivamente, obteniéndose la abertura de la compuerta para:

$$\text{El agregado fino} \quad 2.05 \quad (\text{ver gráfico 3.1}) \quad y$$

$$\text{El agregado grueso} \quad 5.1 \quad (\text{ver gráfico 3.2})$$

$$4^{\circ} \quad D = \text{Factor Agua (kg/min)} * W/C$$

$$D = 147.9 * 0.60 = 84.74 \text{ lts/min}$$

$$\text{Agua requerida (gal/min)} = D / 3.785$$

$$\text{Agua requerida (gal/min)} = 84.74 / 3.785 = 23.45 \text{ gpm}$$

Resumen de los parámetros a usar en Obra:

Aberturas de compuerta: Ag. Fino = 2.05
 Ag. Grueso = 5.4

Flujómetro: Agua = 23.45 gpm.

Un metro cúbico: 900 Vueltas

TABLA 3.4:

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Línea de Concreto

DISPENSADOR DE CONCRETO – Mod. MCD – H

1. Limpiar bien la tolva de almacenamiento de cemento.
2. Asegúrese que los vibradores de la tolva estén trabajando correctamente.
3. Haga correr 5 veces el contómetro hasta 150 y registre los pesos del cemento en cada intento.

UNIDAD Serie N°	145	Fecha:	17/01/2003
Cemento Tipo	MS	Ciudad	Piura

Prueba N°	1	2	3	4	5	TOTAL
Vueltas	150.5	149.0	148.0	149.0	149.0	(a) 745.500
Peso bruto (kg)						
Tara (kg)						
Peso neto (kg)	46.465	45.685	44.460	45.000	45.200	(b) 226.810
Tiempo (seg)	18.56	18.44	18.28	18.22	18.44	(c) 91.940

Determinación de las vueltas por bolsa de cemento

Total peso neto (b) 226.810 / Total de vueltas (a) 745.500 = (d) 0.304 kg/vuelta
42.5 kg. por bolsa / (d) 0.304 kg./vuelta = (e) 139.80 vueltas por bolsa

Determinación de tiempo de descarga por bolsa y flujo de agua

Total de vueltas (a) 745.500 / Tiempo total (c) 91.940 = (1) 8.109 vueltas/seg.
Vueltas por bolsa (e) 139.80 / Vueltas por seg. (f) 8.109 = (g) 17.240 seg./bolsa
1 / (g) 17.240 = (h) 0.058 bolsas/seg. * 60 = (i) 3.480 bolsas/min.
(i) * 42.5 = (j) 147.90 kg/min. * _____ w/c = (k) _____ l.p.m.

TABLA 3.5:

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Línea de Concreto

DISPENSADOR DE CONCRETO – Mod. MCD – H

CALIBRACION DEL AGREGADO

Tipo de agregado: Arena Gruesa Fecha: 17/01/2003
 Procedencia: Cantera Chulucanas

1. Desconectar la alimentación de cemento.
2. Asegúrese que las guías del material estén ajustadas apropiadamente.
3. Si se tiene un sistema de dos tipos de agregados, llenar sólo una tolva hasta la mitad.
4. Las agujas del dial deben indicar 12 cuando la compuerta está cerrada sobre la faja.
5. Se requerirá una calibración para cada material que se use. Si se cambia de cantera o de graduación del agregado, será necesario volver a calibrar el Dispensador.

Prueba N°	1	2	3	4	5	6
Compuerta	3	3	3	6	6	6
Tiempo (seg.)						
Vueltas/seg.						
Vueltas	43.50	45.50	44.50	39.50	39.00	39.00
Peso bruto (kg.)						
Tara (kg.)						
Peso neto (kg.)	34.72	36.27	35.46	56.47	56.60	55.36
Peso neto **						

En el rango menor

Peso neto total 106.45 / Total vueltas 133.50 = 0.797 kg./vuelta

En el rango mayor

Peso neto total 168.43 / Total vueltas 117.50 = 1.434 kg./vuelta

* Extraer este dato de la calibración del cemento

** Peso neto corregido por contenido de humedad (%)

GRAFICO 3.1

GRAFICO DE MATERIAL

ARENA DE CHULUCANAS (17 / 01 / 03)

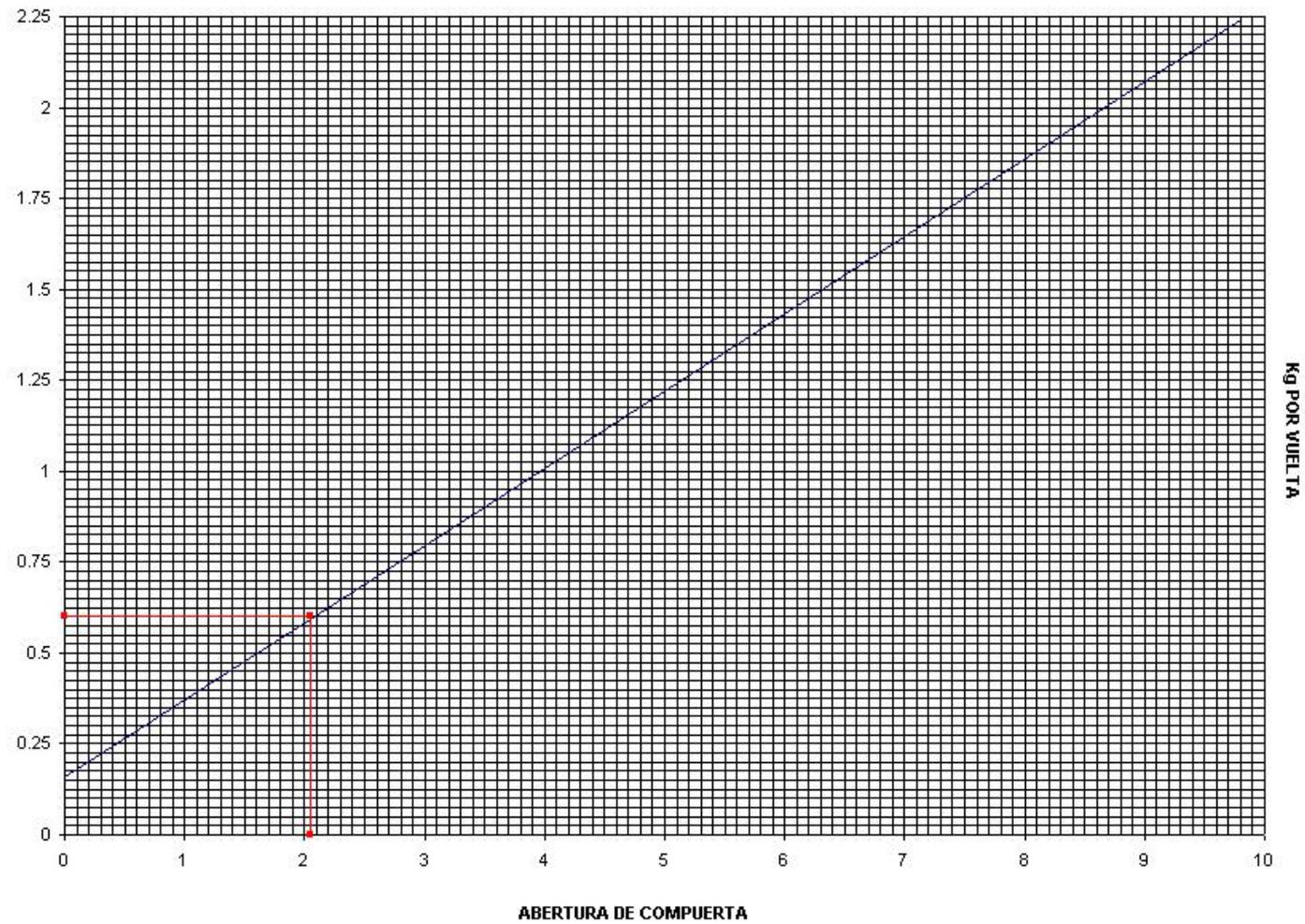


TABLA 3.6:

CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Línea de Concreto

DISPENSADOR DE CONCRETO – Mod. MCD – H

CALIBRACION DEL AGREGADO

Tipo de agregado: Piedra de 1" Fecha: 17/01/2003
 Procedencia: Cantera Vice

1. Desconectar la alimentación de cemento.
2. Asegúrese que las guías del material estén ajustadas apropiadamente.
3. Si se tiene un sistema de dos tipos de agregados, llenar sólo una tolva hasta la mitad.
4. Las agujas del dial deben indicar 12 cuando la compuerta está cerrada sobre la faja.
5. Se requerirá una calibración para cada material que se use. Si se cambia de cantera o de graduación del agregado, será necesario volver a calibrar el Dispensador.

Prueba N°	1	2	3	4	5	6
Compuerta	3	3	3	6	6	6
Tiempo (seg.)						
Vueltas/seg.						
Vueltas	38.00	39.00	40.00	39.50	39.50	39.00
Peso bruto (kg.)						
Tara (kg.)						
Peso neto (kg.)	24.53	24.85	25.75	51.34	51.05	50.44
Peso neto **						

En el rango menor

Peso neto total 75.13 / Total vueltas 117.00 = **0.642** kg./vuelta

En el rango mayor

Peso neto total 152.83 / Total vueltas 118.00 = **1.295** kg./vuelta

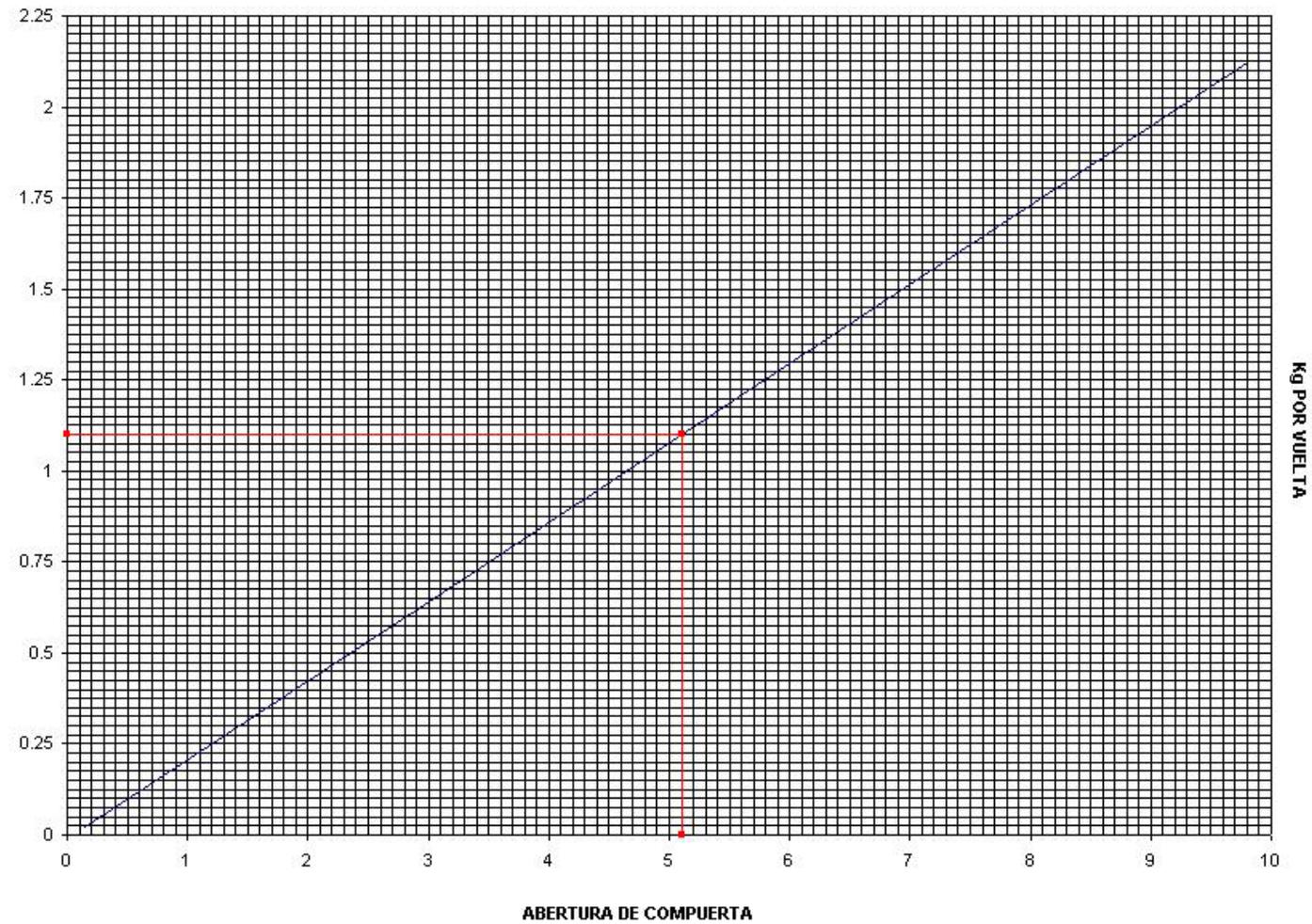
* Extraer este dato de la calibración del cemento

** Peso neto corregido por contenido de humedad (%)

GRAFICO 3.2

GRAFICO DE MATERIAL

PIEDRA DE VICE DE 1" (17 / 01 / 03)



3.3 Método de Diseño Utilizado

3.3.1 Diseños realizados por el método ACI

Para la realización de los diseños de mezclas de concreto se partió del diseño por el método ACI, pero al realizar estas mezclas nos fuimos dando cuenta que este método tiende a producir concretos pedregosos, ya que responde a la idea tradicional de la época en que se originó, de que estos son los diseños más económicos pues necesitan menos agua y consecuentemente menos cemento para obtener determinada resistencia. Las causas de este hecho las detallamos a continuación.

El método ACI es utilizado para elaborar diseños de mezcla de concreto con agregados que cumplan las normas correspondientes, hecho que no siempre se da en nuestro medio, ya que los agregados utilizados no se encuentran completamente limpios; ni tampoco se cuenta con unas granulometrías correctas. Es por esta causa que en general el método ACI nos da mezclas más secas de lo previsto y pedregosas, pero afortunadamente existen correcciones, las cuales no sólo son de agua, sino también de agregados.

Este método tiene una gran limitación, y es que no distingue las distintas formas en las que se presentan los agregados (redondeados, chancados, angulosos, etc). Una de las alternativas para la corrección de slump es:

- Corregir la cantidad de agua, pero al tratar de conservar la misma relación agua/cemento involucraba que la cantidad de agregado grueso se mantenga constante y en algunos casos ya se obtiene mucha piedra.
- Otra alternativa, mencionada anteriormente es modificar la cantidad de agregado grueso; es decir, disminuir la cantidad de agregado grueso en un rango de 5% a 10% y compensar con la cantidad de arena. Cabe mencionar que no se ha profundizado mucho en esta alternativa ya que esta es muy parecida al método de Pesos Unitarios Compactados usado y detallado a continuación.

Procedimiento seguido en el Diseño de Mezclas

Paso 1:

Se diseñó una mezcla seca: Slump de 2" y $f'c$ de 210 kg/cm²,

Las cantidades por el Método ACI fueron las siguientes:

Cemento (kg)	:	333.33
Agua (lts)	:	188.08
Ag. Fino (kg)	47%:	845.33
Ag. Grueso (kg)	53%:	958.89

Tecnología utilizada: Mezcladora

Resultados: Slump 0" Concreto seco

Paso 2:

Se corrigió la mezcla, con la primera alternativa, es decir modificar la cantidad de agua. Luego se incrementó la cantidad de agua para aumentar el slump, considerando la recomendación teórica, de aumentar 5 lts por m³ por cada pulgada que se desee aumentar. Primero se incrementó 10 lts, pero tampoco se obtuvo lo esperado; posteriormente se aumentó 10 lts más, y con esto se obtuvieron los resultados deseados.

Al aumentar el agua y conservar la misma relación agua/cemento se tuvo que aumentar también el cemento.

Nuevo Diseño: se quería obtener 2" y se adicionaron 20 lts de agua

Las cantidades fueron las siguientes:

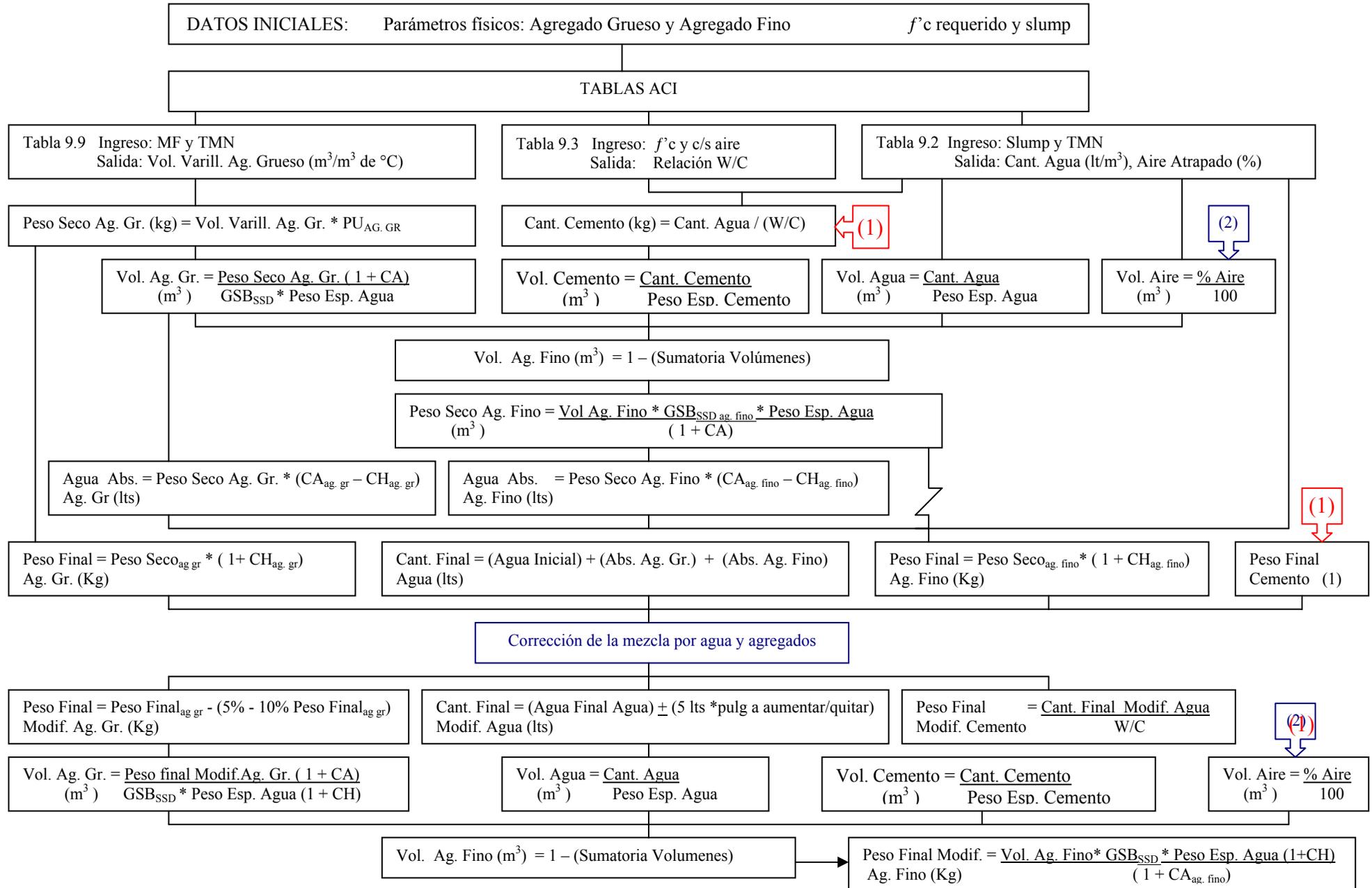
Cemento (kg)	:	370.37
Agua (lts)	:	207.85
Ag. Fino (kg) 44%	:	764.20
Ag. Grueso (kg) 56%	:	958.89

Notamos que al corregir la mezcla la cantidad de agregado grueso se mantuvo constante y por ende el porcentaje del mismo aumentó. Si este porcentaje fuera mucho más alto se corregiría con la segunda alternativa es decir, disminuir la cantidad de agregado grueso y compensarlo con el agregado fino.

A continuación se adjunta el formato de la hoja de cálculo elaborada en excel, a través del ACI. En esta hoja, los datos que aparecen en color azul son ingresados por el usuario y los datos de color verde son los resultados que arroja la hoja de cálculo.

Antes de mostrar dicha hoja de cálculo se presenta mediante un diagrama de flujo, los pasos que se siguieron para obtener la mencionada hoja, de tal manera que sea clara y visible ante los ojos de cualquier tipo de lector. Asimismo en el diagrama de flujo se muestra las posibles correcciones posibles a realizar en una mezcla.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL METODO ACI



3.3.2 Diseño Realizado por el método de Pesos Unitarios Compactados

Como hemos visto en el apartado anterior, por el método ACI para corregir la mezcla se tenía que modificar la cantidad de agregado grueso, pero también evaluamos otra alternativa, de buscar una proporción ideal entre el agregado fino y el agregado grueso, con el fin de mejorar la trabajabilidad.

Para esto se utilizó el Ensayo de Pesos Unitarios Compactados. Este ensayo fue realizado en Bloques Piura (Planta de premezclado de Cementos Pacasmayo S.A.A.), obteniéndose que el porcentaje ideal era de 45% de agregado fino y 55% de agregado grueso (ver anexo B).

Esta proporción de agregados no siempre puede cumplirse para toda clase de agregados. Entonces, es recomendable que si se trata de los mismos agregados pero con diferente granulometría o de distintos agregados, se realice nuevamente el Ensayo de Pesos Compactados y así llegar a establecer la nueva relación entre los agregados fino y grueso. Por tal motivo la hoja de cálculo elaborada para este método tiene como opción del usuario ingresar los porcentajes de agregado grueso y fino.

Procedimiento seguido en el Diseño de Mezclas

Se diseñó una mezcla seca: Slump de 2" y $f'c$ de 210 kg/cm²,

Las cantidades por el método de Pesos Unitarios Compactados fueron las siguientes:

Cemento (kg)	:	352.00
Agua (lts)	:	211.06
Ag. Fino (kg) 45%	:	788.05
Ag. Grueso (kg) 55%	:	983.32

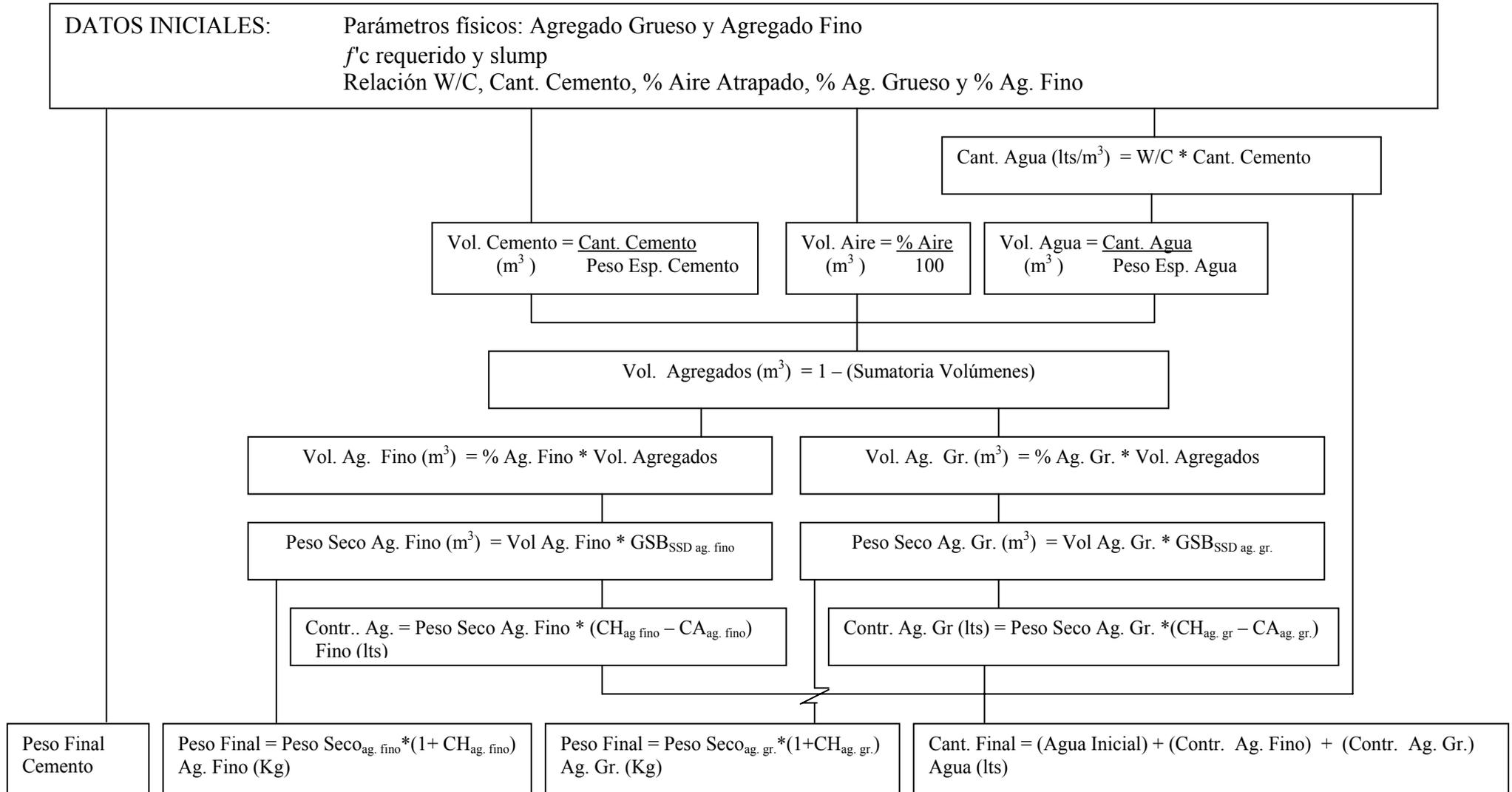
Tecnología utilizada: Mezcladora

Resultados: Slump 2" Mezcla seca

A continuación se adjunta el formato de la hoja de cálculo elaborada en excel, para el Método de Pesos Unitarios Compactados. En esta hoja, los datos que aparecen en color azul son ingresados por el usuario y los datos de color verde son los resultados que arroja la hoja de cálculo.

Antes de mostrar dicha hoja de cálculo se presenta mediante un diagrama de flujo, los pasos que se siguieron para obtener la mencionada hoja, de tal manera que sea clara y visible ante los ojos de cualquier persona.

DIAGRAMA DE FLUJO POR EL METODO DE PESOS UNITARIOS COMPACTADOS (METODO USADO)



3.3.3 Elección del Método a utilizar

Se eligió usar en este estudio el **Método de Pesos Unitarios Compactados**, pero cabe mencionar que se tuvo como punto de partida el método ACI. También mencionaremos que el Método de cálculo seleccionado es con el que trabaja Bloques Piura (Planta de premezclado de Cementos Pacasmayo S.A.A.).

En la tabla 3.4 se muestra una tabla comparativa entre los dos métodos analizados anteriormente, nótese que el método ACI tiene 18kg más de cemento que representa casi 0.5 bolsa de cemento. Lo que decidió la elección del método, fue la manera más rápida de hallar una proporción ideal de agregados logrando una buena homogeneidad y trabajabilidad a la mezcla, pero la elección del método queda íntegramente a decisión de la persona que va a diseñar la mezcla de concreto.

Tabla 3.4: Comparación Método ACI y Método Utilizado

Método ACI	Método a utilizar
Cemento (kg) : 370.37	Cemento (kg) : 352.00
Agua (lts) : 207.85	Agua (lts) : 211.06
Ag. Fino (kg) 44% : 764.20	Ag. Fino (kg) 45%: 788.05
Ag. Grueso (kg) 56% : 958.89	Ag. Grueso (kg) 55%: 983.32
Slump obtenido en la mezcladora: 2"	Slump obtenido en la mezcladora: 2"

En conclusión, 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.

CAPITULO IV

DISEÑO DE PROBETAS EN LABORATORIO

En este capítulo se detallará el esquema de trabajo realizado; así mismo las cantidades de materiales usados en cada una de las mezclas elaboradas.

Cuando ya se hubo definido el Método a trabajar para realizar las mezclas de concreto, se procedió a determinar los diseños de mezcla a elaborar.

Como ya se ha mencionado, el objetivo de este tema de investigación es comparar que para iguales mezclas de concreto se obtiene diferente slump en ambas tecnologías (Mixer y Dispensador). Pero como realizar estas pruebas en el Mixer resultaba poco económico se optó por simular esta tecnología a través de una mezcladora de capacidad 1.75 p³, comparándola con el Dispensador 145. Ambas tecnologías pertenecen a Bloques Piura (Planta de premezclado de Cementos Pacasmayo S.A.A.).

La mezcladora es muy similar al Mixer, la diferencia entre ellos es de 2 a 3 lts., pero este dato es muy variable, según la temperatura ambiente. Se encontrarán casos en que en el Mixer no habrá que aumentar nada de agua y en otros casos 2 a 3 lts comparado con la mezcladora. Una característica importante es que el Mixer, existe velocidad de carga, velocidad de mezclado y velocidad de transporte mientras que la mezcladora siempre trabaja a velocidad constante

Finalmente precisamos que se tomó como mezclas base, las mezclas diseñadas para la mezcladora (secas y plásticas) y estas fueron realizadas en forma idéntica en el Dispensador.

4.1 Esquema del Trabajo realizado

Para realizar las mezclas de concreto se planteo el siguiente esquema de trabajo:

- Relaciones $w/c = 0.57$, $w/c = 0.49$, $w/c = 0.41$ para mezclas secas (slump 1-2") y para mezclas plásticas (slump 3-4") diseñadas para Mezcladora. Estos diseños fueron realizados primero en la Mezcladora y luego en el Dispensador para obtener comparativamente los valores de asentamientos y resistencia a compresión a los 28 días. Como se dijo anteriormente, los diseños fueron realizados teniendo como base la Mezcladora y de allí realizados también en el Dispensador.
- Además se realizaron diseños en el Dispensador con $w/c = 0.57$, $w/c = 0.49$, $w/c = 0.41$ para slump 3-4", ya que en los diseños anteriores, en ninguno de los casos obtendríamos una mezcla que pueda ser utilizada en las condiciones de trabajabilidad requerida en obra (ver resultados en capítulo V).

Se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones para ambas tecnologías:

- Para cada diseño en la mezcladora se han tomado 18 especímenes, pero debido a la capacidad de la misma, se realizaron en tres tandas, teniendo cada una un volumen de 0.037 m^3 . De cada de las tandas se obtuvieron 6 probetas.
- Para el caso del Dispensador también se moldearon en dos oportunidades las mezclas de concreto, pero aquí se tomó para cada oportunidad 12 especímenes, obteniéndose 24 probetas.
- De manera adicional se realizaron mezclas trabajables de 3 a 4" en el Dispensador, pero como éste no era el tema de estudio sólo se tomaron 12 especímenes por cada relación agua/cemento.
- Se efectuaron 4 ensayos de asentamiento para cada tipo de concreto y cada tipo de equipo; para esto se realizaron mezclas adicionales idénticas a las mencionadas anteriormente. En estas mezclas de concreto no se moldearon probetas.

A continuación se muestra el esquema que explica de una manera más clara lo dicho anteriormente. En la tabla 4.1 se muestran las 288 probetas realizadas y clasificadas según el tipo de diseño y tipo de equipo.

Tabla 4.1: Número de probetas realizadas en las Mezclas de Concreto

	Mezcladora		Dispensador		Dispensador
	Slump				
	1-2'' (mezc)	3-4'' (mezc.)	1-2'' (mezc)	3-4'' (mezc.)	
W/C			7-8'' (disp)	7-8'' (disp)	3-4'' (disp.)
0.57	18	18	24	24	12
0.49	18	18	24	24	12
0.41	18	18	24	24	12

En la Tabla 4.2, se explica con más claridad lo dicho anteriormente. En este caso muestran todas las mezclas realizadas.

Tabla 4.2: Resumen del Esquema de Trabajo

W/C	Diseños de Mezclas Idénticas	
	Slump esperado en Mezcladora	Slump esperado en Dispensador
0.57	1'' a 2''	7'' a 9''
	3'' a 4''	7'' a 9''
	0	3'' a 4''
0.49	1'' a 2''	7'' a 9''
	3'' a 4''	7'' a 9''
	0	3'' a 4''
0.41	1'' a 2''	7'' a 9''
	3'' a 4''	7'' a 9''
	0	3'' a 4''

Posteriormente se procedió a determinar las dosificaciones para cada una de las mezclas planteadas en la tabla 4.2.

Una vez obtenida las dosificaciones para cada diseño, se realizaron las mezclas y se elaboraron los testigos cilíndricos determinados en la tabla 4.1, para finalmente someterlos al ensayo de compresión a 28 días.

Se obvian los diferentes pasos realizados en la elaboración de las mezclas de concreto, elaboración y curado de probetas y finalmente el ensayo a compresión, por estar descritos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

4.2 Determinación de las cantidades utilizadas en las Mezclas de Concreto

En la tabla 4.3 se muestran los diseños comparativos realizados tanto para el Mixer como para el Dispensador, para finalmente observar la diferencia de slump entre estas dos tecnologías. Estos diseños son nombrados desde D1 hasta D6 (Diseños 1 al 6). Para diseñar estas mezclas de concreto se ha tomado como base el slump en la Mezcladora y esta mezcla idéntica se ha realizado en el Dispensador.

En la tabla 4.4 se muestra un diseño de concreto en el Dispensador para las mismas relaciones agua/cemento trabajadas anteriormente, pero con slump trabajables de 3 a 4'', ya que los realizados en la tabla 4.3 nos dan concretos que no se pueden usar en el medio. Estos diseños son nombrados desde D7 hasta D9 (Diseños 7 al 9).

Para el caso del Dispensador se ha procurado realizar todos los diseños de 1 a 2 días, para poder contar con la misma calibración y tener los resultados lo más exacto posible.

Para finalizar, cabe mencionar que todas las probetas han sido moldeadas inmediatamente después de realizada la mezcla de concreto, pero previamente se medía el slump.

Tabla 4.3: Diseños Realizados en el Mixer y en el Dispensador

Diseño	Slump de diseño basado en Mezcladora	Slump esperado en Dispensador	A/C	Cemento (kg)	Agua (lts)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)
D1	1 a 2	Por definir	0.57	352	211.06	788.05	983.32
D2	3 a 4	Por definir	0.57	369	220.51	770.48	961.41
D3	1 a 2	Por definir	0.49	428	219.62	749.16	934.8
D4	3 a 4	Por definir	0.49	442	226.31	735.99	918.37
D5	1 a 2	Por definir	0.41	526	224.99	705.99	880.56
D6	3 a 4	Por definir	0.41	555	236.55	681.1	849.87

Nota: El volumen realizado en la Mezcladora 0.037 m³
 El Factor del cemento usado en el Dispensador 0.304 kg/vuelta

Tabla 4.4: Diseños de Mezclas Trabajables en el Dispensador

Diseño	Slump de diseño del Dispensador	Slump esperado en Dispensador	A/C	Cemento (kg)	Agua (lts)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso (kg)
D7	3 a 4	Por definir	0.57	350	209.94	790.11	985.9
D8	3 a 4	Por definir	0.49	390	201.48	798.9	979.4
D9	3 a 4	Por definir	0.51	490	210.63	736.22	918.65

Nota: El Factor del cemento usado en el Dispensador 0.304 kg/vuelta

CAPITULO V

RESULTADOS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS

En este estudio se realizaron 9 diseños (D1 al D9), pero 15 mezclas de concreto, las cuales están indicadas del (I al XV).

5.1 Resultados de la Probetas realizadas

5.1.1 Resultados de los diseños de mezcla idénticos realizados tanto en la Mezcladora como en el Dispensador

Desde la tabla 5.1 hasta la tabla 5.6 se muestran los resultados de las probetas ensayas a compresión a los 28 días de los diseños de mezcla mostrados en la tabla 4.3.

Los resultados presentados son tanto para la mezcladora como para el Dispensador, pero con diferentes relaciones agua/cemento.

Entonces presentamos:

- En la Tabla 5.1 se muestra los resultados a compresión de las mezclas secas (1" a 2") diseñados para la mezcladora con una relación agua/cemento de 0.57, realizadas en ambas tecnologías.
- En la Tabla 5.2 se muestra los resultados a compresión de las mezclas plásticas (3" a 4") diseñados para la mezcladora con una relación agua/cemento de 0.57, realizadas en ambas tecnologías.
- En la Tabla 5.3 se muestra los resultados a compresión de las mezclas secas (1" a 2") diseñados para la mezcladora con una relación agua/cemento de 0.49, realizadas en ambas tecnologías.
- En la Tabla 5.4 se muestra los resultados a compresión de las mezclas plásticas (3" a 4") diseñados para la mezcladora con una relación agua/cemento de 0.49, realizadas en ambas tecnologías.
- - En la Tabla 5.5 se muestra los resultados a compresión de las mezclas secas(1" a 2") diseñados para la mezcladora con una relación agua/cemento de 0.41, realizadas en ambas tecnologías.
- En la Tabla 5.6 se muestra los resultados a compresión de las mezclas plásticas (3" a 4") diseñados para la mezcladora con una relación agua/cemento de 0.41, realizadas en ambas tecnologías.

Además en todas las tablas antes mencionadas se han obtenido la media, desviación estándar y coeficiente de variación, estando todas ellas dentro de los rangos esperados para un concreto.

Para finalizar, las especificaciones de cada una de las probetas se pueden ver en el anexo D.

Tabla 5.1: Relación $w/c = 0.57$ resistencia a la compresión para mezclas secas (1" a 2") en la mezcladora

Tecnología	Mezcladora ($w/c = 0.57$)			Dispensador ($w/c = 0.57$)	
Diseño	I – Diseño 1			VII – Diseño 1	
	a	b	C	a	b
Sdis. 1"- 2"	1 7/8"	1 1/2"	1 3/4"	7"	7 1/4"
Probetas (kg/cm²)	268	252	257	270	273
	276	246	257	283	271
	266	251	264	257	270
	276	252	256	267	260
	281	250	252	252	256
	276	251	257	273	265
				274	261
				257	274
				258	260
				273	260
				275	259
			254	260	
Dif. f'c	15	6	12	31	18
Media	274	250	257	266	264
Desv Están	5.55	2.20	3.79	10.06	6.16
Coef variac	2.03	0.88	1.47	3.78	2.33

Tabla 5.2: Relación $w/c = 0.57$ resistencia a la compresión para mezclas plásticas (3" a 4") en la mezcladora

Tecnología	Mezcladora ($w/c = 0.57$)			Dispensador ($w/c = 0.57$)	
Diseño	II – Diseño 2			VIII – Diseño 2	
	a	b	c	a	b
Sdis. 3"- 4"	3 1/2"	3 1/2"	3 1/2"	7 1/4"	7 1/4"
Probetas (kg/cm²)	246	250	269	300	290
	247	253	267	312	268
	264	257	269	288	284
	255	254	262	289	281
	248	249	264	291	291
	260	253	261	293	300
				308	291
				299	292
				275	291
				269	279
				277	290
			291	291	
Dif. f'c	18	8	8	43	32
Media	253	253	265	291	287
Desv Están	7.53	2.78	3.66	12.77	8.17
Coef variac	2.97	1.1	1.38	4.39	2.84

Tabla 5.3: Relación $w/c = 0.49$ resistencia a la compresión para mezclas secas (1" a 2") en la mezcladora

Tecnología	Mezcladora ($w/c = 0.49$)			Dispensador ($w/c = 0.49$)	
Diseño	III – Diseño 3			X – Diseño 3	
	a	b	c	a	b
Sdis. 1"- 2"	2"	2 1/8"	2 1/4"	5"	7"
Probetas (kg/cm²)	323	329	320	359	336
	323	328	316	353	328
	319	322	320	354	340
	320	323	323	336	342
	322	298	321	349	331
	332	296	318	345	330
				329	330
				309	339
				331	330
				312	355
Dif. $f'c$	13	33	7	50	32
Media	323	316	320	336	334
Desv Están	4.41	14.98	2.39	16.18	8.51
Coef variac	1.36	4.74	0.75	4.81	2.54

Tabla 5.4: Relación $w/c = 0.49$ resistencia a la compresión para mezclas plásticas (3" a 4") en la mezcladora

Tecnología	Mezcladora ($w/c = 0.49$)			Dispensador ($w/c = 0.49$)	
Diseño	IV – Diseño 4			XI – Diseño 4	
	a	b	c	a	b
Sdis. 3"- 4"	3"	3"	3"	6"	8"
Probetas (kg/cm²)	325	326	316	336	348
	316	337	320	346	331
	321	344	320	345	336
	313	335	320	340	327
	325	337	322	339	317
	320	339	319	346	328
				346	337
				333	339
				343	341
				338	335
			311	327	
			327	329	
Dif. $f'c$	12	18	6	35	31
Media	320	336	319	338	333
Desv Están	4.82	5.92	1.86	10.12	8.09
Coef variac	1.51	1.76	0.58	3.00	2.43

Tabla 5.5: Relación $w/c = 0.41$ resistencia a la compresión para mezclas secas (1" a 2") en la mezcladora

Tecnología	Mezcladora ($w/c = 0.41$)			Dispensador ($w/c = 0.41$)	
	V – Diseño 5			XIII – Diseño 5	
Diseño	a	b	b	a	b
Sdis. 1"- 2"	1 ¾"	1 ½"	1 ¾"	7 ¼"	8 ¼"
Probetas (kg/cm ²)	363	381	392	414	398
	377	373	380	381	390
	372	367	393	391	392
	380	373	383	381	391
	376	370	386	380	384
	368	372	387	384	397
				405	385
				396	381
				384	380
				376	409
				383	397
			373	384	
Dif. $f'c$	12	14	14	29	14
Media	372	373	387	387	391
Desv Están	6.23	4.69	5.2	12.11	8.53
Coef variac	1.67	1.26	1.35	3.13	2.18

Tabla 5.6: Relación $w/c = 0.41$ resistencia a la compresión para mezclas plásticas (3" a 4") en la mezcladora

Unidad	Mezcladora ($w/c = 0.41$)			Dispensador ($w/c = 0.41$)	
	VI – Diseño 6			XIV – Diseño 6	
Diseño	a	b	c	a	B
Sdis. 3"- 4"	3 ¾"	3"	3 ¼"	7 ¾"	7 ¾"
Probetas (kg/cm ²)	383	396	394	395	390
	394	390	388	371	391
	390	391	383	410	393
	389	391	388	390	395
	385	390	390	381	396
	396	396	377	405	401
				397	416
				400	400
				429	399
				428	396
				421	400
			416	394	
Dif. $f'c$	13	6	18	58	26
Media	389	392	387	404	397
Desv Están	4.92	2.77	6.13	18.15	6.78
Coef variac	1.26	0.71	1.59	4.50	1.71

5.1.2 Resultados de los diseños de mezcla trabajables realizados en el Dispensador

En las tablas 5.7 hasta la tabla 5.9 se muestran los resultados de las probetas ensayas a compresión a los 28 días del diseño de mezcla mostrado en la tabla 4.4. Es decir los diseños trabajables en el Dispensador.

Los resultados presentados son sólo para el Dispensador, no se realizaron idénticos en la mezcladora ya que nos resultaba mezclas completamente secas (slump 0"). Estos diseños han sido realizados para las diferentes relaciones agua/cemento que se han venido mencionando.

Entonces presentamos:

- En la Tabla 5.7 se muestra los resultados a compresión de las mezclas plásticas (3" a 4") diseñadas para el Dispensador con una relación agua/cemento de 0.57.
- En la Tabla 5.8 se muestra los resultados a compresión de las mezclas plásticas (3" a 4") diseñadas para el Dispensador con una relación agua/cemento de 0.49.
- En la Tabla 5.9 se muestra los resultados a compresión de las mezclas plásticas (3" a 4") diseñadas para el Dispensador con una relación agua/cemento de 0.41.
- Al igual que en el apartado anterior, en estas tablas se ha obtenido la media, desviación estándar y coeficiente de variación, estando todas ellas dentro de los rangos esperados para el concreto.

Y al igual que el anterior caso, las especificaciones de cada una de las probetas se pueden ver en el anexo D.

Tabla 5.7: Resist. Compresión
Relación w/c = 0.57
Mezcla Plástica: 3" a 4"
Tecnología usada: Dispensador

Tecnología	Dispens. (w/c = 0.57)
Diseño	IX – Diseño 7
Sdis. 3" - 4"	2 ½"
<i>f</i> 'c (kg/cm ²)	289
	283
	286
	281
	285
	281
	280
	282
	290
	291
	278
285	
Dif. <i>f</i> 'c	13
Media	284
Desv Están	4.11
Coef variac	1.45

Tabla 5.8: Resist. Compresión
Relación w/c = 0.49
Mezcla Plástica: 3" a 4"
Tecnología usada: Dispensador

Tecnología	Dispens. (w/c = 0.49)
Diseño	XII – Diseño 8
Sdis. 3" - 4"	4"
<i>f</i> 'c (kg/cm ²)	314
	332
	310
	344
	313
	344
	321
	330
	328
	325
	331
321	
Dif. <i>f</i> 'c	34
Media	326
Desv Están	11.13
Coef variac	3.41

Tabla 5.9: Resist. Compresión
Relación w/c = 0.41
Mezcla Plástica: 3" a 4"
Tecnología usada: Dispensador

Tecnología	Dispens. (w/c = 0.41)
Diseño	XV – Diseño 9
Sdis. 3" - 4"	3"
<i>f</i> 'c (kg/cm ²)	358
	345
	347
	359
	346
	348
	368
	358
	346
	347
	349
347	
Dif. <i>f</i> 'c	23
Media	351
Desv Están	7.36
Coef variac	2.1

5.2 Resumen de los Resultados de las Probetas realizadas

5.2.1 Resumen de los Resultados de los diseños de mezcla idénticos realizados tanto en la Mezcladora en el Dispensador

En la tabla 5.10 se muestran los resultados de los resúmenes de los diseños de mezcla dados en las tablas desde la 5.1 hasta la 5.6. En ésta se observa como, para iguales diseños en el Dispensador se obtienen 2.5 a 3 veces mayor slump que en la Mezcladora. Pero a pesar de esta diferencia también observamos que el promedio de la resistencia no varía mucho entre estas dos tecnologías si se conserva la relación agua/cemento.

También se observa que para el caso de mezclas secas (1 a 2") en la Mezcladora, al llevarlos al Dispensador nos da aproximadamente de 7 a 8"; pero lo mismo ocurre para los diseños de mezcla plásticas (3 a 4") en la mezcladora en que al llevarlos al Dispensador, el rango de slump es similar al anterior, de 7 a 9" o ligeramente mayor. Este hecho ocurre posiblemente ya que el Dispensador cuando ha alcanzado estos revenimientos se tratarían de asentamientos máximos medibles y para soltar más la mezcla se necesitaría plastificantes que logren romper la fricción interna de la mezcla.

5.2.2 Resumen de los Resultados de los Diseños de Mezcla trabajables realizados en el Dispensador

En la tabla 5.11 se muestran los resultados de los resúmenes de los diseños de mezcla dados en las tablas desde la 5.7 a la 5.9. Estos diseños como ya se ha mencionado anteriormente se realizaron para encontrar diseños de mezclas trabajables que se puedan usar en el mercado, ya que las mezclas obtenidas anteriormente para el Dispensador nos resultaba asentamientos de 7" a 9" y no se pueden ser usadas en el medio de trabajo.

Se realizó el Diseño 7 idéntico en la Mezcladora y obtuvimos una mezcla con asentamiento 0". Por esta razón ya no se realizaron los diseños 8 y 9, y con esto se confirma que con la tecnología del Dispensador obtenemos mucho más slump que con la Mezcladora.

Pero en esta tabla 5.11 también observamos que a pesar de la diferencia de slump, los diseños realizados con la misma relación agua/cemento, nos dan resistencia a la compresión muy cercanas entre sí.

Los diseños con:

- Relación agua/cemento 0.57 son: Diseño 1 (D1), Diseño 2 (D2) y Diseño 7 (D7).
- Relación agua/cemento 0.49 son: Diseño 3 (D3), Diseño 4 (D4) y Diseño 8 (D8).
- Relación agua/cemento 0.41 son: Diseño 5 (D5), Diseño 6 (D6) y Diseño 9 (D9).

Tabla 5.10: Resultados de los Diseños de Mezcla de la Tabla 4.3 tanto para la Mezcladora como para el Dispensador (Valores Promedios de los Datos encontrados)

Diseño	Diseño en Mezcladora	Diseño en Dispensador	Slump Mezcladora	Slump Dispensador	$f'c$ (kg/cm ²) Mezcladora	$f'c$ (kg/cm ²) Dispensador
D1	I (a,b,c)	VII (a,b,c)	1 ¾"	7"	261	265
D2	II (a,b,c)	VIII (a,b,c)	3 ½"	7 ¼"	257	289
D3	III (a,b,c)	X (a,b,c)	2 1/8"	7	320	335
D4	IV (a,b,c)	XI(a,b,c)	3"	8	325	335
D5	V (a,b,c)	XIII (a,b)	1 ¾"	7 ¼"	377	387
D6	VI (a,b,c)	XIV (a,b)	3 ½"	7 ¾"	389	400

Tabla 5.11: Resultados de los Diseños de Mezcla de la Tabla 4.4 para el Dispensador (Valores Promedios de los Datos encontrados)

Diseño	Diseño en Mezcladora	Diseño en Dispensador	Slump Mezcladora	Slump Dispensador	$f'c$ (Kg/cm ²) Mezcladora	$f'c$ (Kg/cm ²) Dispensador
D7	-	IX	0	2 ½"	-	284
D8	-	XII	0	4"	-	326
D9	-	XV	0	3"	-	351

5.3 Análisis de los resultados

Los resultados han sido analizados de forma comparativa entre las dos tecnologías de despacho de Concreto (Mixer y Dispensador) y se han evaluado desde dos puntos de vista:

- Slump: Comparación entre las tecnologías mencionadas anteriormente
- Resistencia a la compresión: Comparación entre las tecnologías mencionadas anteriormente

5.3.1 Slump: Comparación entre las dos tecnologías (Mixer y Dispensador)

Como ya se ha venido mencionando hasta ahora, al realizar dos diseños idénticos tanto en el Mixer como en el Dispensador, obtenemos en el Dispensador 2.5 a 3 veces más revenimiento que en el Mixer y éstos asentamientos no eran trabajables en el mercado.

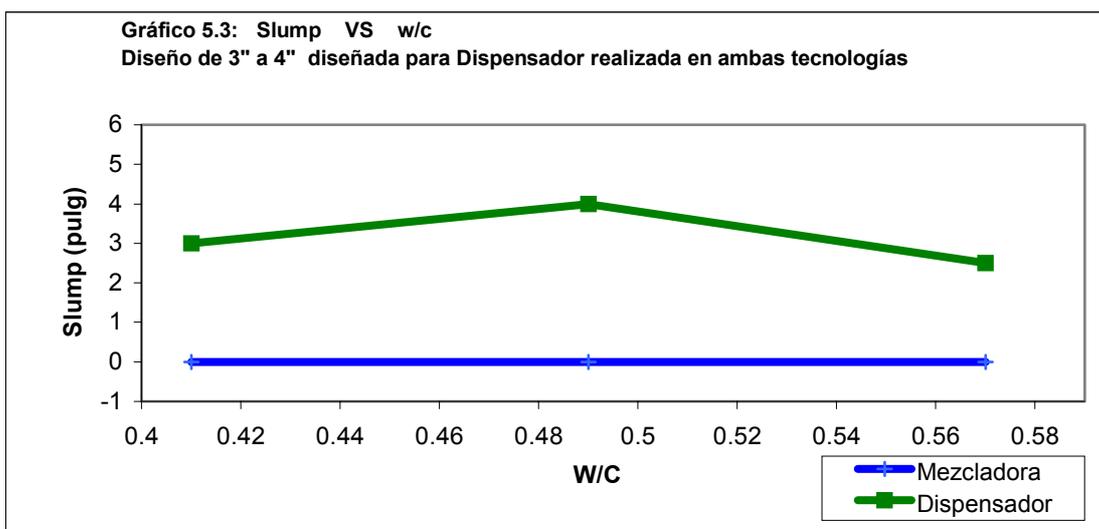
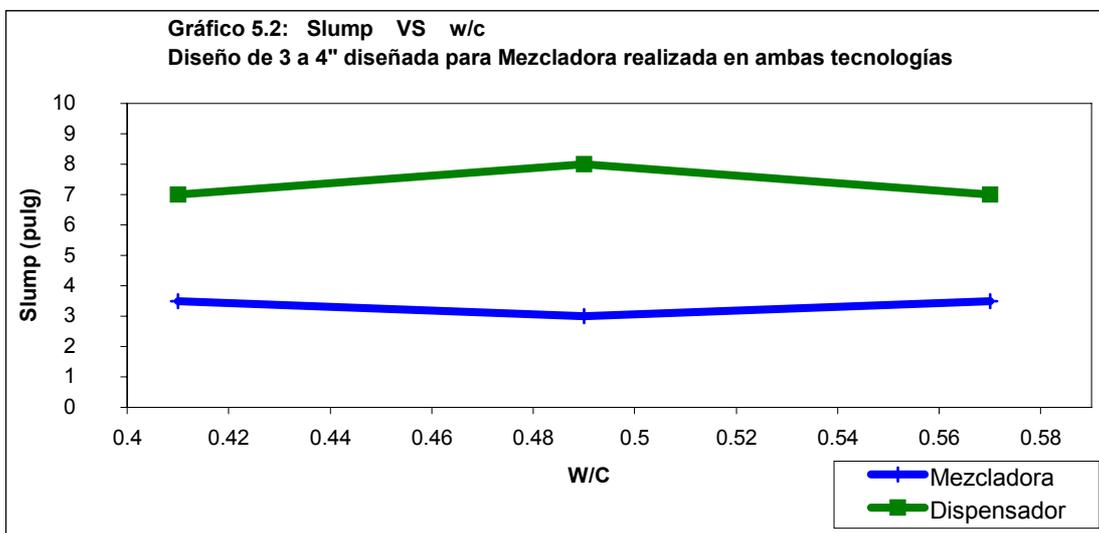
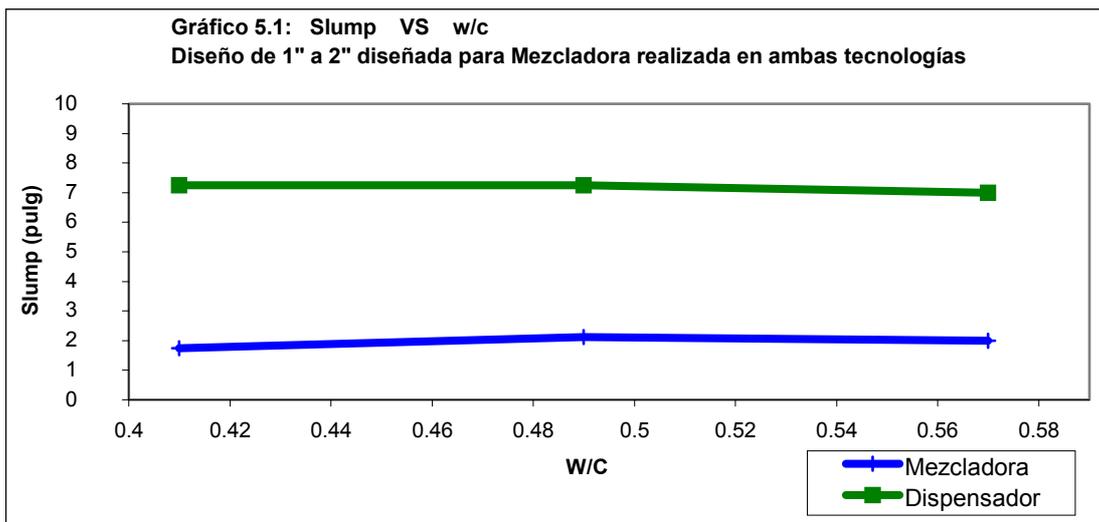
Esto se puede ver más claramente en las gráficas siguientes:

En las gráficas 5.1, 5.2 y 5.3 se muestra comparativamente las mezclas idénticas realizadas en ambas tecnologías. Entonces tenemos:

- En el Gráfico 5.1 se muestra una mezcla seca (1" a 2") que tiene como base la mezcladora, y elaborada en ambas tecnologías. En ésta se puede observar como el Dispensador nos arroja un asentamiento 3 veces más alto que la Mezcladora.
- En el Gráfico 5.2 se muestra una mezcla plástica (3" a 4") que tiene como base la mezcladora y elaborada en ambas tecnologías. En esta se puede observar como el Dispensador nos arroja un asentamiento de 2.5 veces más alto que la Mezcladora.

Al ver la gráficas anteriores, nos obligamos a buscar nuevos diseños trabajables en el Dispensador y para lograr estos diseños, se debe disminuir la cantidad de agua; y a su vez para conservar la relación agua/cemento se disminuye el cemento. Es aquí donde se muestra un ahorro de cemento que será explicado más adelante.

- En el Gráfico 5.3 se muestra una mezcla plástica (3" a 4") diseñada para el Dispensador, ya que para las dos gráficas anteriores no se obtienen mezclas en esta tecnología que se puedan usar en el medio de trabajo. En ésta se puede observar que al realizar un diseño trabajable en el Dispensador, obtenemos una mezcla seca en la Mezcladora.



5.3.2 Resistencia a la Compresión: Comparación entre ambas tecnologías

La resistencia a compresión de las probetas es un tema también importante a analizar. Para un mejor análisis en la tabla 5.12 se muestra un resumen de las resistencias promedio a la compresión para las distintas relaciones agua/cemento y en cada una de las tecnologías evaluadas.

Tabla 5.12: Resumen de Resistencia promedio para cada relación W/C

w/c	Mezcladora		Dispensador		
	Slump		Slump		
	1-2 (mezc.)	3-4 (mezc.)	1-2 (mezc.)	3-4 (mezc.)	
			7-8 (disp.)	7-8 (disp.)	3-4 (disp.)
	A	B	C = A	D = B	E
0.57	261	257	265	289	284
0.49	320	325	335	335	326
0.41	377	389	387	400	351

Observamos que sin importar la unidad de despacho la resistencia a la compresión ($f'c$) va aumentando conforme disminuye la relación agua/cemento.

Además se debe observar los dos diseños de mezcla de una misma relación agua/cemento, igual slump, por consecuencia diferente cantidad de cemento. En estos diseños observamos que para las relaciones agua/cemento de 0.57 y 0.49, obtenemos resistencias a la compresión parecidas entre si, hecho que no ocurre para la relación agua/cemento de 0.41. Cabe mencionar que estos diseños a pesar de tratarse de relaciones agua/cemento iguales son diseños de concreto distintos puesto que tienen diferente cantidad de cemento; pero como se ha mencionado anteriormente para lograr el mismo slump trabajable en el Dispensador, tiene que existir una disminución de agua, por consecuencia también reducción de cemento; y esta se ve reflejada en la resistencia a la compresión para relaciones agua/cemento bajas en las cuales la reducción de cemento es mayor.

Finalmente se puede decir a manera hipotética que para relaciones agua/cemento altas, en las cuales la diferencia de cemento no es tan grande, las resistencias a la compresión son muy parecidas entre si. Y cuando las relaciones agua/cemento van disminuyendo y el ahorro de cemento se va haciendo mayor, llega un momento en que lo que va a primar es la reducción de cemento sobre la resistencia a la compresión, y es por esto que se encuentra esta disminución de resistencia a la compresión.

Para poder establecer el límite en que prima la reducción de cemento y ya la relación agua cemento, se tiene que elaborar mucho mas pruebas y establecer un mayor estudio.

De la tabla anterior, se deducen las gráficas 5.4, 5.5 y 5.6, donde se muestra la Resistencia a la Compresión VS relación agua/cemento realizadas idénticas en ambas tecnologías.

Para esto tenemos:

- En el gráfico 5.4 se muestra el promedio de resistencia a la compresión de todas las probetas señaladas anteriormente VS la relación agua/cemento para el caso de la mezcla seca de concreto de slump 1 a 2" diseñada para Mezcladora realizada en ambas tecnologías.

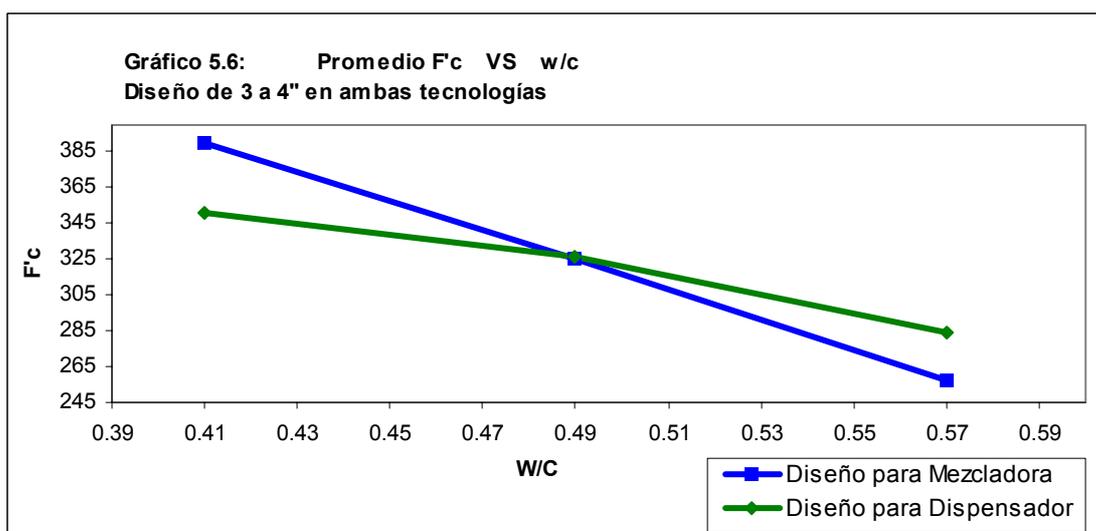
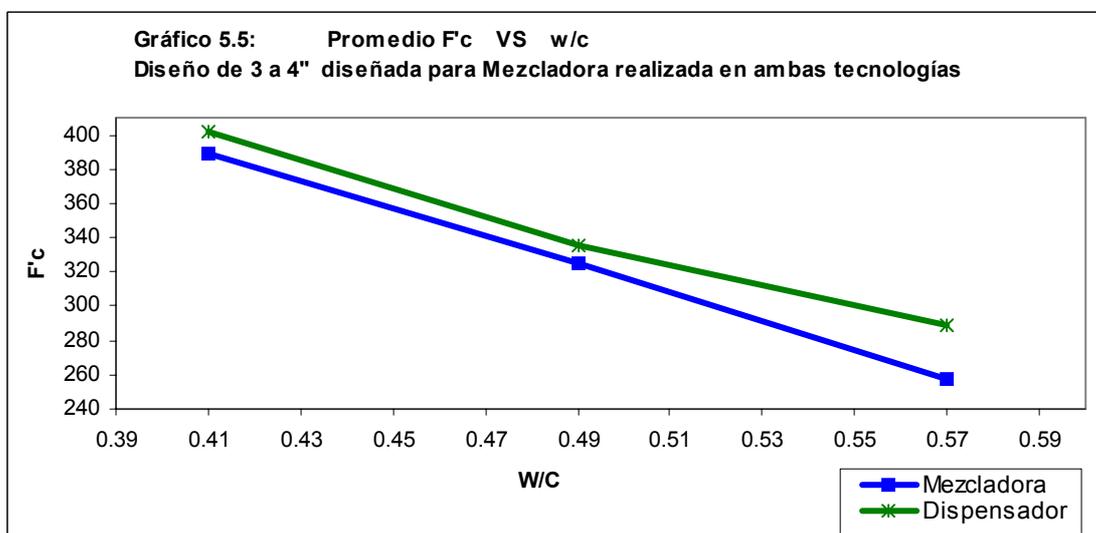
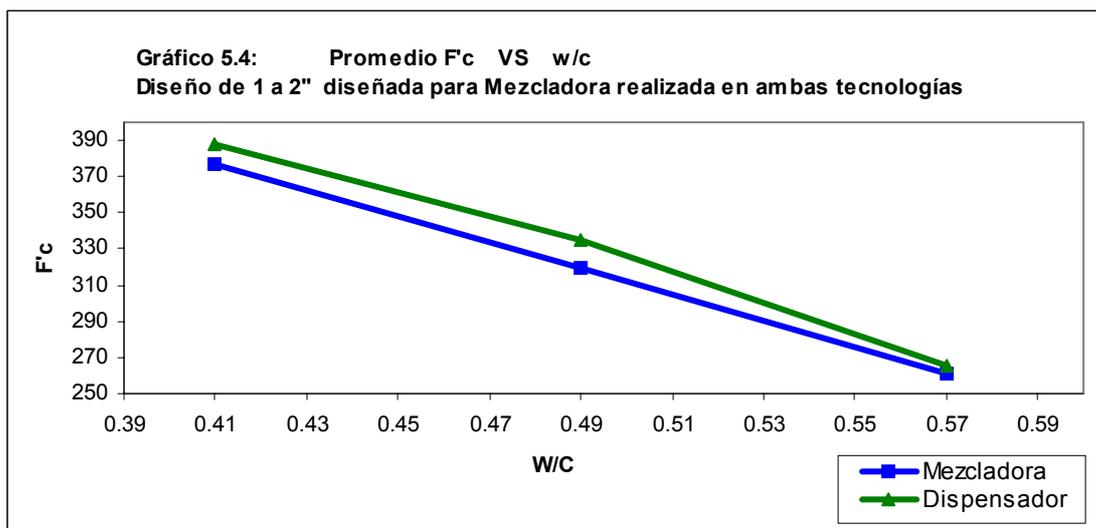
Se puede observar que para el caso del Dispensador nos da ligeramente un poquito más resistente (aprox. 0 a 5%) en comparación con la Mezcladora. Pero absolutamente no se puede afirmar que en el Dispensador la resistencia a la compresión aumente.

- En el gráfico 5.5 se muestra el promedio de resistencia a la compresión de todas las probetas señaladas anteriormente VS la relación agua/cemento para el caso de la mezcla plástica de concreto de slump 3" a 4" diseñada para Mezcladora realizada en ambas tecnologías.

En este gráfico se encuentra lo mismo de la gráfica 5.4, es decir que para el caso del Dispensador nos da ligeramente un poquito más resistente (aprox. 0 a 5%).

- En el gráfico 5.6 se muestra una comparación de mezclas en ambas tecnologías, muestra el promedio de resistencia a la compresión de todas las probetas señaladas anteriormente VS la relación agua/cemento para el caso de la mezcla de concreto plástica y trabajable con slump 3" a 4" diseñada para la mezcladora comparada con la mezcla de concreto plástica y trabajable con slump 3" a 4" diseñada para el Dispensador. Mejor dicho en esta gráfica se muestran dos diseños distintos, hecho que no ocurre con las gráficas 5.4 y 5.5 en que se trata de diseños idénticos, pero elaboradas en diferentes tecnologías.

En este gráfico no se observa lo que se decía en las gráficas anteriores, es decir para la gráfica 5.4 y 5.5, que para el caso del Dispensador nos da ligeramente un poco más resistencia y viceversa, ya que al observar la gráfica notamos que las líneas se cruzan entre si. Por lo que reiteramos lo que hemos dicho antes, que no se puede afirmar que el Dispensador nos da mayor resistencia que la mezcladora en todo caso es un tema que amerita mayores pruebas de investigación.



5.4 Análisis de las probetas mediante Ensayos Individuales y Consecutivos

En este tema de investigación se han realizado mezclas de concretos con tres relaciones agua/cemento que son: 0.57, 0.49 y 0.41.

En este apartado se evaluará aproximadamente mediante gráficas a que resistencia a la compresión corresponde dicha relación agua/cemento, pero antes mencionaremos brevemente lo que dice “Las Normas Peruanas de Estructuras” (NPE), respecto al cálculo de la resistencia promedio requerida:

- a) Uno de cada 100 muestras puede estar 35 kg/cm² debajo de $f'c$.
Uno de cada 100 promedios de tres muestras consecutivas puede caer por debajo del $f'c$.
- b) Si se desconoce la desviación estándar, se utilizará la (tabla 4.3.2b del NPE) para la determinación de la resistencia promedio requerida.

Tabla 4.3.2 b de NPE: Para pruebas $n < 15$

Resistencia a la Compresión Promedio Requerida	
$f'c$	$f'cr$ ($f'c_{requerida}$)
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$f'c + 98$

Al analizar ver esta pequeña introducción teórica, a continuación presentamos todos los ensayos individuales y consecutivos tomados en este tema de investigación:

Entonces presentamos:

5.4.1 Ensayos Individuales

En las tablas 5.13 y 5.14 se muestran los ensayos individuales tanto para la Mezcladora como para el Dispensador respectivamente. Se puede ver a forma comparativa una misma relación agua/cemento con diferentes slump (mezclas secas y mezclas plásticas), para la mezcladora y se ha realizado idéntica para el Dispensador.

En estas tablas hemos unido los ensayos individuales de mezclas idénticas efectuadas en diferentes días. Esto se tendría que considerar como ensayos de obra. Luego la norma ASTM dice que para ensayos de obra es aceptable obtener desviaciones estándar por el orden de 20kg/cm², por lo que concluimos que nuestros datos están dentro del rango esperado, ya que en el grupo de probetas, la máxima desviación estándar obtenida fue de 15.54kg/cm².

Además todas las probetas de cada grupo son válidas ya que todas se encuentran dentro un rango aceptable, es decir del 90% al 110% de la resistencia promedio.

5.4.2 Ensayos Consecutivos

En las tablas 5.15 y 5.16 se presenta el promedio de tres probetas consecutivas, tanto para la Mezcladora como para el Dispensador respectivamente. Se puede ver que éstos son los ensayos consecutivos de las probetas mostradas en las tablas 5.13 y 5.14. Y, al igual que en las tablas anteriores, vemos en forma comparativa una misma relación agua/cemento con diferentes slump (mezclas secas y mezclas plásticas), para la mezcladora y se ha realizado idéntica para el Dispensador.

5.4.3 Análisis de los gráficos de los Ensayos Individuales y Ensayos Consecutivos

De las tablas mencionadas en los dos apartados anteriores, se ha realizado un análisis mediante gráficas para cada una de las relaciones agua/cemento.

5.4.3.1 Relación Agua/Cemento 0.57

- En el gráfico 5.7 se muestra la resistencia a la compresión para cada ensayo individual dados en la tabla 5.13 para la relación agua/cemento de 0.57. Se observa en forma comparativa las resistencias evaluadas en una misma tecnología (mezcladora), pero con diferentes slump, es decir para mezclas plásticas y secas.
- En el gráfico 5.8 se muestra la resistencia a la compresión para cada ensayo individual dados en la tabla 5.14 para la relación agua/cemento de 0.57. Se observa en forma comparativa las resistencias evaluadas en una misma tecnología (Dispensador), pero con diferentes slump, es decir las mezclas secas y plásticas, pero tomadas como base de la mezcladora.

Al comparar los diseños base, es decir los slump de 1" a 2" con el de slump de 3" a 4" en ambas tecnologías, no notamos diferencia en la resistencia a la compresión ya que las líneas se interceptan entre sí para los gráficos anteriores, y esto está justificado ya que se trata de una misma relación agua/cemento y la misma tecnología de despacho de concreto.

- En el gráfico 5.9 se muestran las resistencias a la compresión de los ensayos consecutivos dados en las tablas 5.15 y 5.16 para la relación agua/cemento de 0.57. Se observa en forma comparativa las resistencias evaluadas para las distintas tecnologías (mezcladora y Dispensador) como para los diferentes slump analizados. Aquí se gráfica diseños distintos, pero con una misma relación W/C y en diferente tecnología. En este caso se vuelve a ver lo mencionado anteriormente, que las resistencias a la compresión son muy cercanas entre si.

5.4.3.2 Relación Agua/Cemento 0.49

- En el gráfico 5.10 se muestra las resistencia a la compresión para cada ensayo individual dados en la tabla 5.13 para la relación agua/cemento de 0.49. Se observa en forma comparativa las resistencia evaluadas en una misma tecnología (mezcladora), pero con diferentes slump, es decir para mezclas plásticas y secas.
- En el gráfico 5.11 se muestra las resistencia a la compresión para cada ensayo individual dados en la tabla 5.14 para la relación agua/cemento de 0.49. Se observa en forma comparativa las resistencia evaluadas en una misma tecnología (Dispensador), pero con diferentes slump, es decir las mezclas secas y plásticas, pero tomadas como base de la mezcladora.

En estas gráficas se observa nuevamente que no existe diferencia en la resistencia a la compresión cuando se trata de la misma relación agua/cemento y la misma tecnología de despacho de concreto, ya que las curvas se confunden entre sí.

- En el gráfico 5.12 se muestra la resistencia a la compresión de los ensayos consecutivos dados en las tablas 5.15 y 5.16 para la relación agua/cemento de 0.49. Se observa a forma comparativa las resistencia evaluadas para las distintas tecnologías (mezcladora y Dispensador) como para los diferentes slump analizados. En este caso las curvas se confunden entre sí igual a lo encontrado para la relación W/C de 0.57.

5.4.3.3 Relación Agua/Cemento 0.41

- En el gráfico 5.13 se muestra las resistencias a la compresión para cada ensayo individual dados en la tabla 5.13 para la relación agua/cemento de 0.41. Se observa en forma comparativa las resistencia evaluadas en una misma tecnología (mezcladora), pero con diferentes slump, es decir para mezclas plásticas y secas.

En esta gráfica, se vuelve a observar lo dicho en los apartados anteriores, para las otras dos relaciones agua/cemento, que no existe diferencia de resistencia cuando se trate de una misma relación agua/cemento y la misma tecnología de despacho de concreto. Para este caso la Mezcladora.

- En el gráfico 5.14 se muestran las resistencia a la compresión para cada ensayo individual dados en la tabla 5.14 para la relación agua/cemento de 0.41. Se observa a forma comparativa las resistencias evaluadas en una misma tecnología

(Dispensador), pero con diferentes slump, es decir las mezclas secas y plásticas, pero tomadas como base de la mezcladora.

Además se observa la mezcla diseñada para el Dispensador, para slump de 3 a 4" (mezcla trabajable en el Dispensador). En esta gráfica ya no se observa lo mencionado en los casos anteriores, es decir que para una misma relación agua/cemento y elaboradas en el Dispensador No obtenemos las mismas resistencias. Se observa que para el diseño en el Dispensador, para slump de 3 a 4", obtenemos en promedio 38 kg/cm^2 (ver tablas 5.10 y 5.11), menos que los diseños de mezclas plásticas y secas elaboradas en el Dispensador, pero tomando como base la mezcladora (ver línea verde del gráfico)

- En el gráfico 5.15 se muestra las resistencia a la compresión de los ensayos consecutivos dados en las tablas 5.15 y 5.16 para la relación agua/cemento de 0.41. Se observa a forma comparativa las resistencias evaluadas para las distintas tecnologías (mezcladora y Dispensador) como para los diferentes slump analizados.

Notamos lo mismo mencionado anteriormente, que para este caso la resistencia a la compresión del diseño en el Dispensador para mezclas trabajables (slump de 3 a 4"), esta por debajo de las resistencias a la compresión obtenidas para mezclas secas y plásticas elaboradas en el Dispensador, pero tomadas como base de la mezcladora.

Para finalizar se puede presumir que cuando se trate de diseños distintos, es decir diseños para el Dispensador y el otro para la Mezcladora, pero el mismo slump. Existe una diferencia y si esta, está basada en una gran reducción de cemento, lo que va a primar es esta reducción de cemento, mas no la relación agua/cemento, por lo tanto obtendremos diseños con menor resistencia a la compresión; se podría decir que a la mezcla diseñada para el Dispensador le podría faltar material cementante. Pero cabe señalar que cuando la reducción de cemento no es tan grande para lograr el mismo slump en el Dispensador, tal es el caso para las relaciones agua/cemento de 0.57 y 0.49; las resistencias a la compresión esperadas son muy cercanas entre si.

Tabla 5.13: Resistencia a la compresión de los ensayos individuales en la Mezcladora

Slump	1 ¾"	3 ½"	2 1/8"	3"	1 ¾"	3 ½"
Diseño	I	II	III	IV	V	VI
W/C	0.57		0.49		0.41	
N° de ensayo	<i>f'</i> c					
1	270	246	323	325	363	383
2	276	247	323	316	377	394
3	266	264	319	321	372	390
4	276	255	320	313	380	389
5	281	248	322	325	376	385
6	276	260	332	320	368	396
7	252	250	329	326	381	396
8	246	253	328	337	373	390
9	251	257	322	344	367	391
10	252	254	323	335	373	391
11	250	249	298	337	370	390
12	251	253	296	339	372	396
13	257	269	320	316	392	394
14	257	267	316	320	380	388
15	264	269	320	320	393	383
16	256	262	323	320	383	388
17	252	264	321	322	386	390
18	257	261	318	319	387	377
Total de Ensayos	18	18	18	18	18	18
Dif. <i>f'</i> c	35	23	36	31	30	19
Media	261	257	320	325	377	389
Desv Están	10.99	7.68	9.07	9.11	8.51	5.08
Coef variac	4.22	2.99	2.84	2.80	2.26	1.3

Tabla 5.14: Resistencia a la compresión de los ensayos individuales en el Dispensador

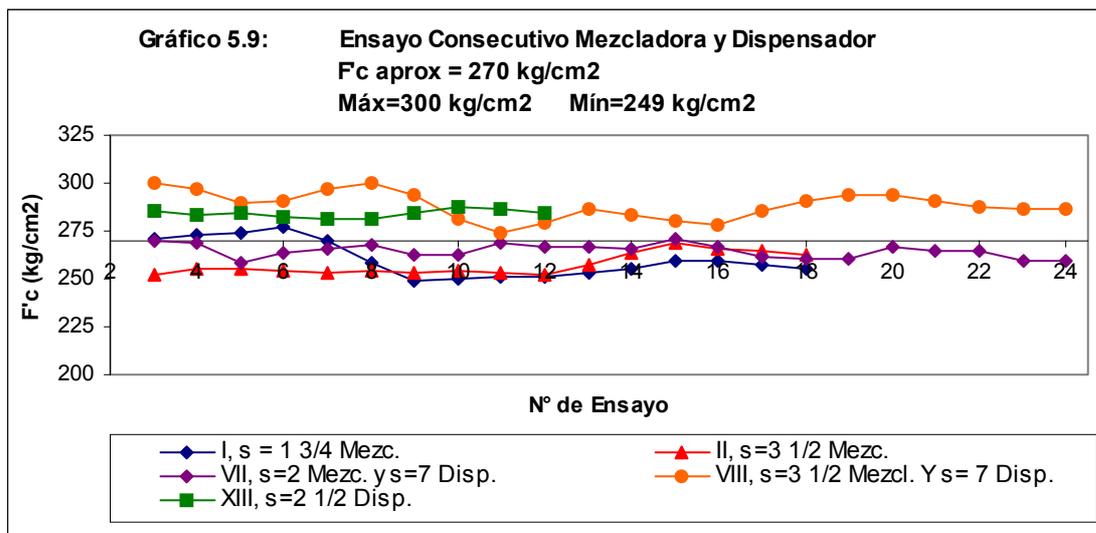
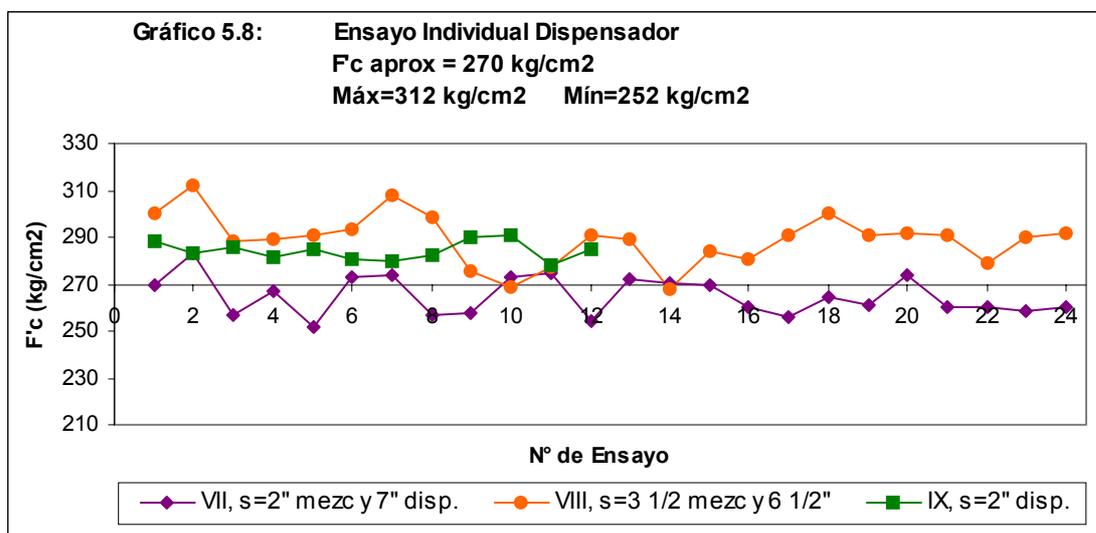
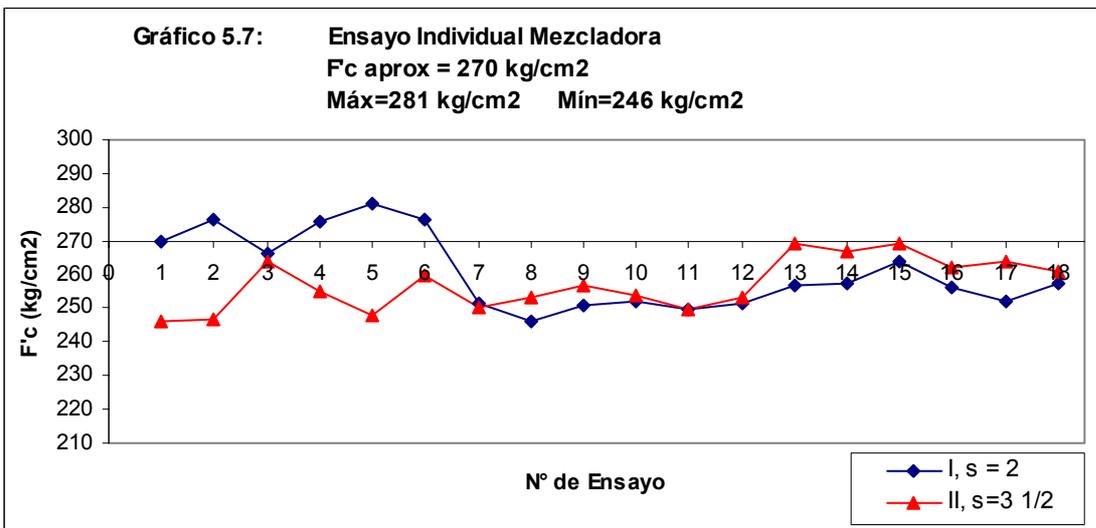
Slump	7"	7 ¼"	2 ½"	7"	8"	4"	7 ¼"	7 ¾"	3"
Diseño	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
w/c	0.57			0.49			0.41		
Muestra	f'c								
1	270	300	289	359	336	314	414	395	358
2	283	312	283	353	346	332	381	371	345
3	257	288	286	354	345	310	391	410	347
4	267	289	281	336	340	344	381	390	359
5	252	291	285	349	339	313	380	381	346
6	273	293	281	345	346	344	384	405	348
7	274	308	280	329	346	321	405	397	368
8	257	299	282	309	333	330	396	436	358
9	258	275	290	331	343	328	384	429	346
10	273	269	291	312	338	325	376	428	347
11	275	277	278	330	311	331	383	421	349
12	254	291	285	328	327	321	373	416	347
13	273	290		336	348		388	390	
14	271	268		328	331		390	391	
15	270	284		340	336		392	393	
16	260	281		342	327		391	395	
17	256	291		331	317		384	396	
18	265	300		330	328		397	401	
19	261	291		330	337		385	416	
20	274	292		339	339		381	400	
21	260	291		330	341		380	399	
22	260	279		335	335		379	396	
23	259	290		329	327		397	400	
24	260	291		323	329		384	394	
Total de Ensayos	24	24	12	24	24	12	24	24	12
Media	265	289	284	335	335	326	387	400	351
Desv Están	8.22	10.65	4.11	12.68	9.26	11.13	9.4	15.54	7.36
Coef variac	3.10	3.69	1.45	3.78	2.76	3.41	2.43	3.87	2.10

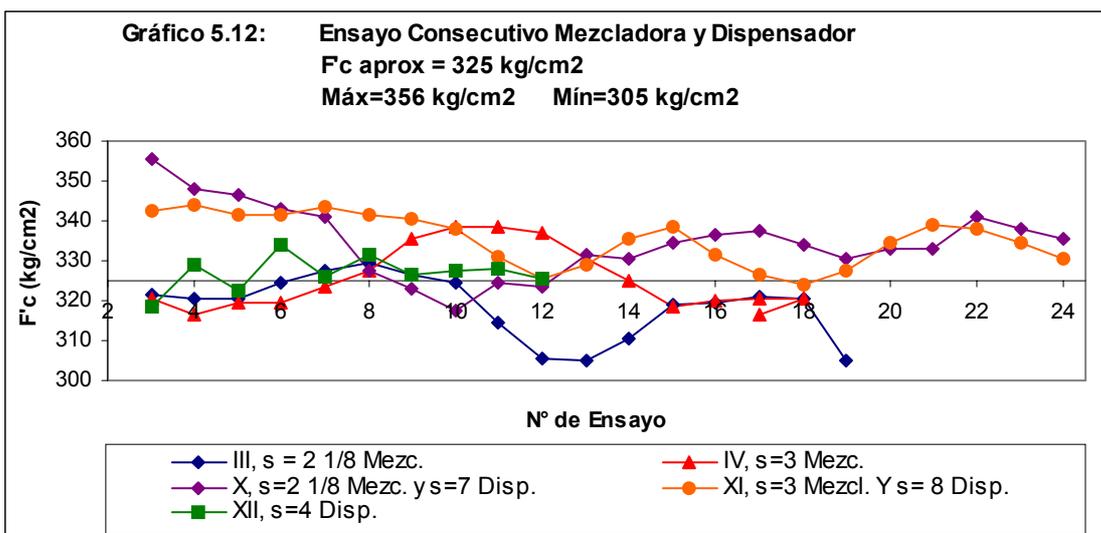
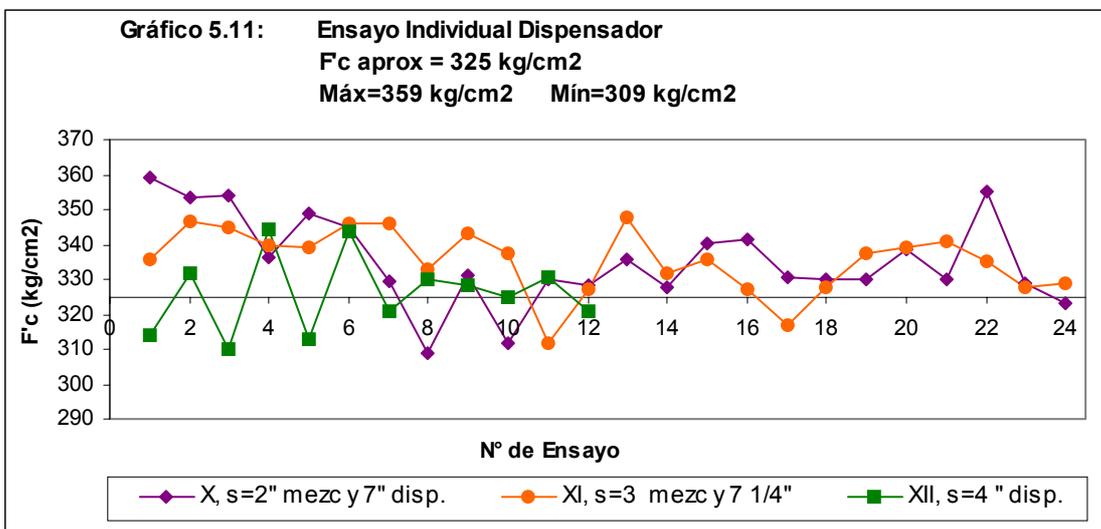
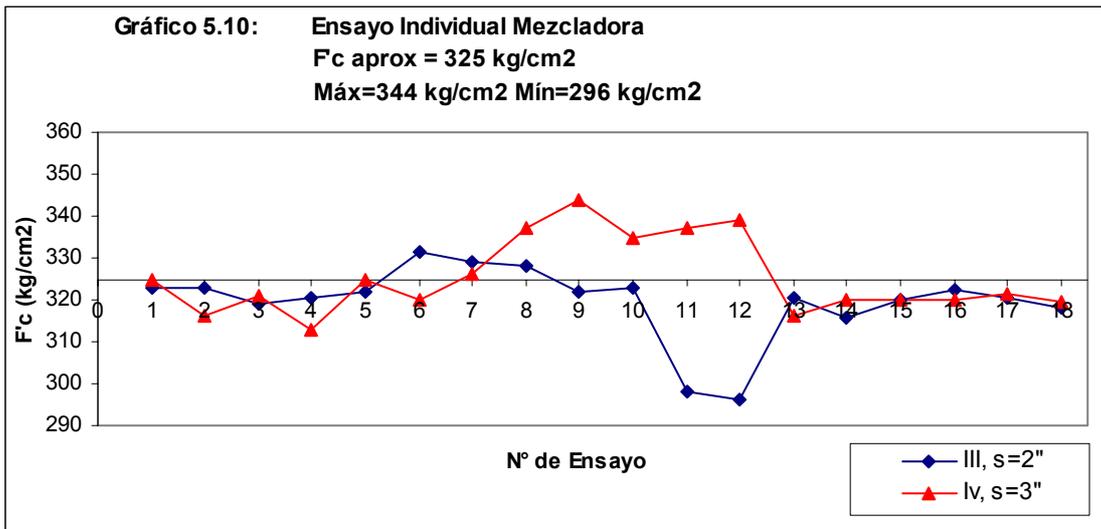
Tabla 5.15: Resistencia a la compresión de los ensayos consecutivos en la Mezcladora

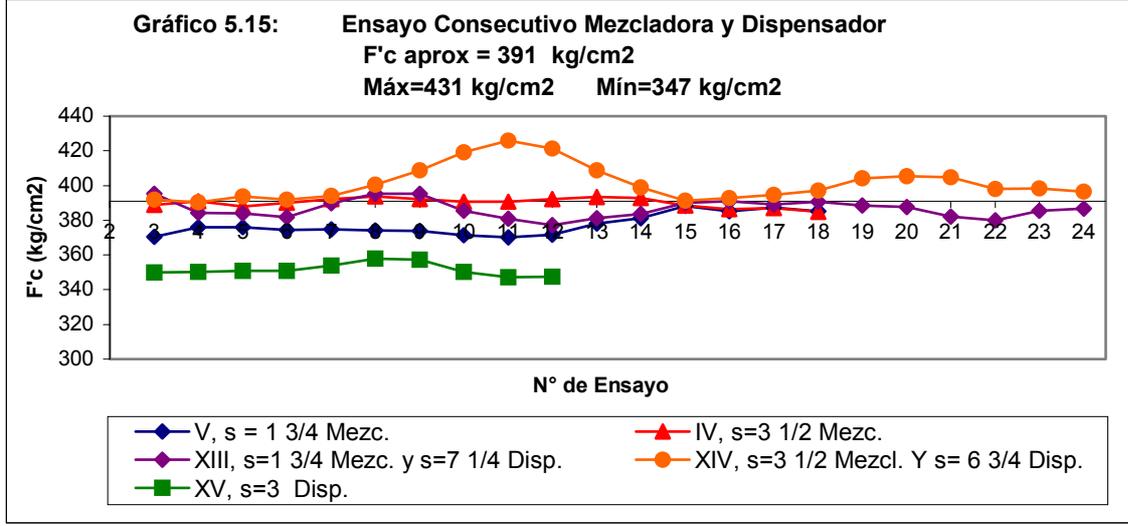
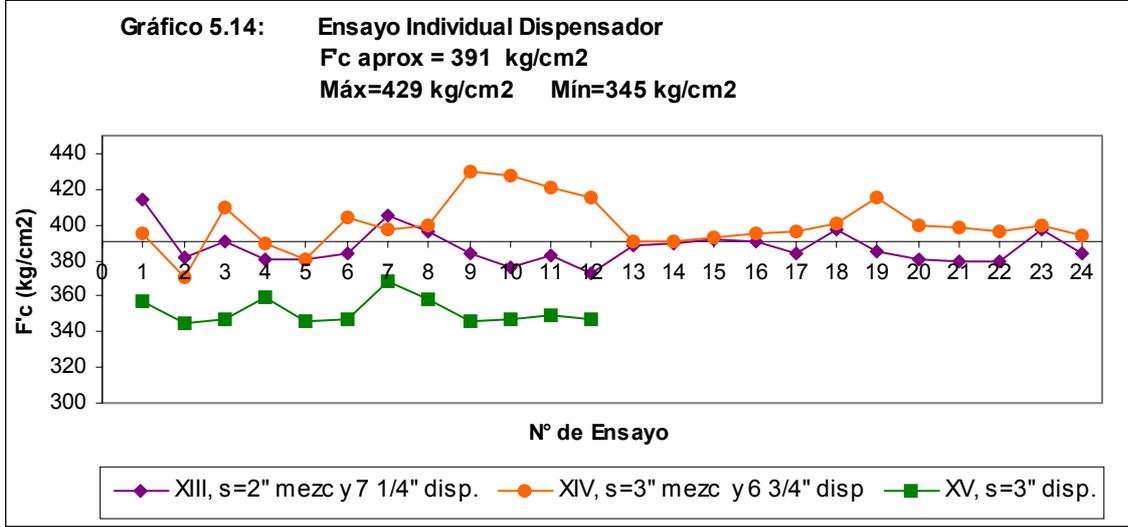
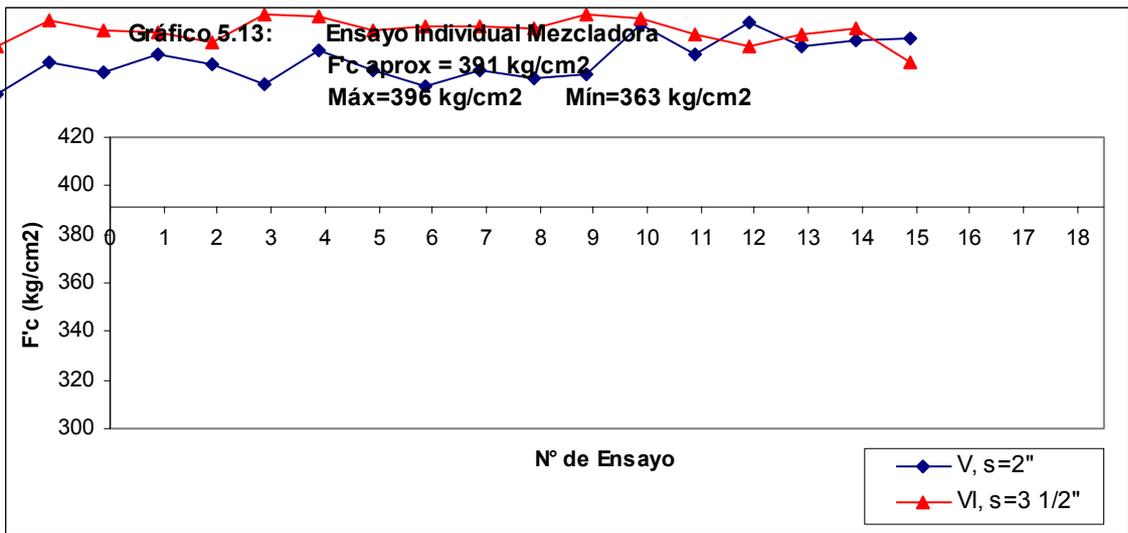
Slump	1 ¾"	3 ½"	2 1/8"	3"	1 ¾"	3 ½"
Diseño	I	II	III	IV	V	VI
W/c	0.57		0.49		0.41	
N° de Consecutivo	<i>f</i> 'c					
1	271	252	322	321	371	389
2	273	255	321	317	376	391
3	274	256	320	320	376	388
4	278	254	325	319	374	390
5	270	253	327	324	375	392
6	258	254	330	328	374	394
7	249	253	326	336	374	392
8	249	255	324	339	371	391
9	251	253	314	339	370	391
10	251	252	306	337	372	392
11	253	257	305	331	378	394
12	255	263	311	325	381	393
13	259	269	319	319	388	388
14	259	266	319	320	385	386
15	257	265	321	321	387	387
16	255	262	320	320	385	385
Total de Consec.	16	16	16	16	16	16
Dif. <i>f</i> 'c	28	16	25	22	18	9
Media	260	258	319	326	377	390
Desv Están	9.58	5.51	7.22	7.82	6.14	2.64
Coef variac	3.68	2.14	2.26	2.40	1.63	0.68

Tabla 5.16: Resistencia a la compresión de los ensayos consecutivos en el Dispensador

Slump	7''	7 ¼''	2 ½''	7''	8''	4''	7 ¼''	7 ¾''	3
Diseño	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
w/c	0.57			0.49			0.41		
Nº de Consecutivo	f'c	f'c	f'c	f'c	f'c	f'c	f'c	f'c	f'c
1	270	300	286	356	342	319	395	392	350
2	269	296	283	348	344	329	384	390	350
3	259	289	284	346	341	322	384	394	351
4	264	291	282	343	342	334	382	392	351
5	266	297	282	341	344	326	390	394	354
6	268	300	281	328	342	332	395	413	358
7	263	294	284	323	341	326	395	421	357
8	262	281	288	317	338	328	386	431	350
9	268	274	286	324	331	328	381	426	347
10	267	279	285	323	325	325	377	421	348
11	267	286		331	329		381	409	
12	266	283		331	336		384	399	
13	271	281		335	338		390	391	
14	267	278		337	331		391	393	
15	262	285		337	327		389	395	
16	260	291		334	324		391	397	
17	260	294		330	327		389	404	
18	266	294		333	335		388	405	
19	265	291		333	339		382	405	
20	265	287		341	338		380	398	
21	260	287		338	334		385	398	
22	260	287		336	330		387	397	
Total de Consec.	22	22	10	22	22	10	22	22	10
Media	265	288	284	335	335	327	387	401	352
Desv Están	3.63	7.23	2.13	8.98	6.34	4.28	5.13	5.42	3.68
Coef variac	1.37	2.51	0.75	2.68	1.89	1.31	1.33	1.35	1.05





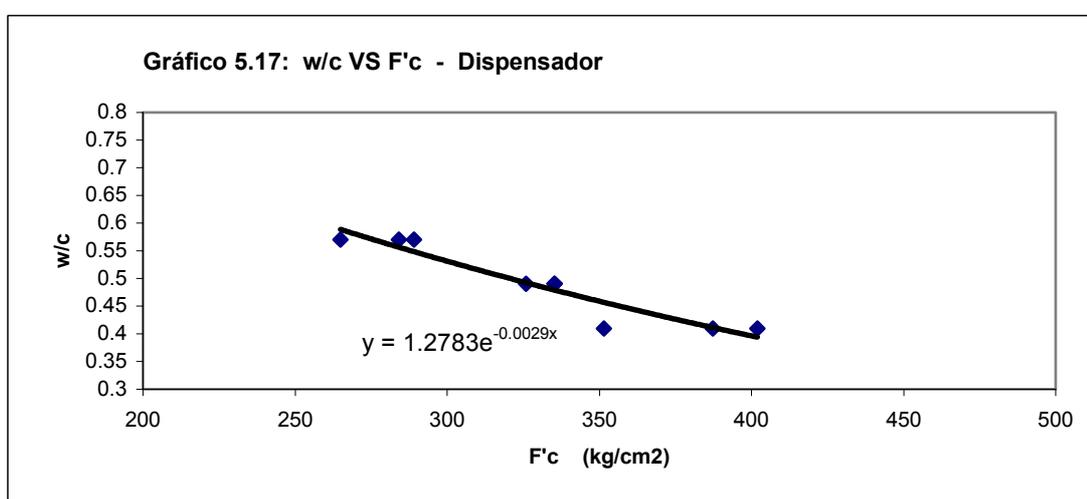
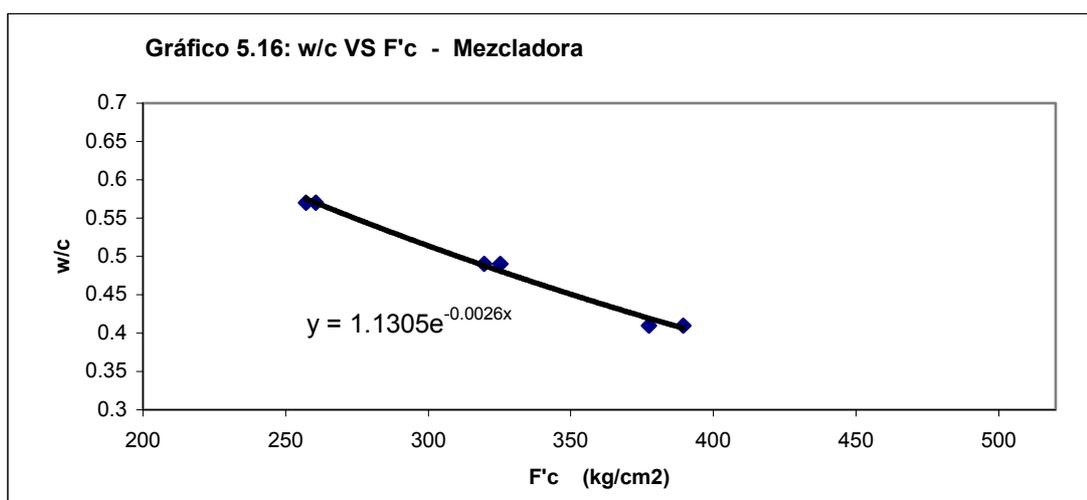


5.5 Aproximación de la Resistencia a la Compresión según la relación agua/cemento

Para realizar una correcta aproximación de las resistencia a la compresión ($f'c$) según determinada relación agua/cemento construiremos una curva a partir de los promedios de $f'c$ de cada una de las mezclas mencionadas en el presente capítulo para ambas tecnologías de despacho de concreto.

Para cada relación agua/cemento tenemos dos puntos que corresponden al slump de mezclas secas (1" a 2") y mezclas plásticas (3" a 4"), se puede tratar los puntos en una misma curva ya que como se ha mencionado en el apartado 5.3.2 no varía la resistencia a la compresión cuando se trata de una misma relación w/c, siempre que estas relaciones agua/cemento sean altas, tal es el caso de 0.57 y 0.49; a pesar que se este trabajando con diferente slump.

En el gráfico 5.16 se observa la relación w/c VS la resistencia a la compresión para la mezcladora y en la gráfica 5.17 la relación w/c VS la resistencia a la compresión para el Dispensador. Estas gráficas no se pueden usar para relaciones agua/cemento bajas, ya que no son tan precisas tal es el caso para la relación agua/cemento de 0.41.



De las gráficas anteriores se puede aproximar la resistencia a la compresión para las relaciones w/c de 0.49 y 0.57; posteriormente se debe tener en cuenta que para diseñar un concreto, el ($f'c$) hallado de las gráficas, se le incrementa un Factor de seguridad obteniéndose una resistencia a la compresión requerida o de diseño ($f'cr$).

5.5.1 Relación Agua/Cemento 0.57

Se evaluó la resistencia a la compresión según cada tecnología y se obtuvo:

- De la gráfica 5.16 para la Mezcladora $f'c_{\text{aprox. promedio}}$: 263 kg/cm²
- De la gráfica 5.17 para el Dispensador $f'c_{\text{aprox. promedio}}$: 278 kg/cm²

Como se puede observar las diferencias entre ellas no es significativa, luego podemos corroborar lo que se ha estado mencionado anteriormente, que para relaciones agua/cemento altas, sin importar la tecnología de despacho de concreto ni el slump; las resistencias a la compresión son muy aproximadas.

Por tal motivo se uniformizara las resistencias a la compresión, teniendo:

$$\triangleright \quad W/C = 0.57 \qquad f'c_{\text{aproximado}} \text{ de } 270 \text{ kg/cm}^2$$

Analizando los ensayos individuales y consecutivos y cumpliendo los requisitos dados no se puede hallar exactamente el $f'c$ al que corresponde dicha relación agua/cemento. Lo que daremos a continuación es el rango por donde fluctúan los valores de la resistencia a la compresión, ya sea para el caso de la Mezcladora y el Dispensador (ver gráfico 5.7 al 5.9).

Rango de Resistencia a la compresión ($f'c$) = 246 a 312 kg/cm²

Como se puede ver en este rango están los valores del $f'c_{\text{aprox. promedio}}$ para ambas tecnologías

5.5.2 Relación Agua/Cemento 0.49

Se evaluó la resistencia a la compresión según cada tecnología y se obtuvo:

- De la gráfica 5.16 para la Mezcladora $f'c_{\text{aprox. promedio}}$: 321 kg/cm²
- De la gráfica 5.17 para el Dispensador $f'c_{\text{aprox. promedio}}$: 330 kg/cm²

Como se puede observar las diferencias entre ellas no es significativa, luego podemos corroborar lo que se ha estado mencionado para la relación agua/cemento de 0.57, que sin importar la tecnología de despacho de concreto ni el slump; las resistencias a la compresión son muy aproximadas cuando se trata de relaciones agua/cemento altas, como sucede en este caso.

Por tal motivo se uniformizara las resistencias a la compresión, teniendo:

$$\triangleright \quad W/C = 0.49 \qquad f'c_{\text{aproximado}} \text{ de } 325 \text{ kg/cm}^2$$

Analizando los ensayos individuales y consecutivos y cumpliendo los requisitos dados no se puede hallar exactamente el $f'c$ al que corresponde dicha relación agua/cemento. Lo que daremos a continuación es el rango por donde fluctúan los valores de la resistencia a la compresión, ya sea para el caso de la Mezcladora y el Dispensador (ver gráfico 5.10 al 5.12).

Rango de Resistencia a la compresión ($f'c$) = 296 a 359 kg/cm²

Como se puede ver en este rango están los valores del $f'c_{\text{aprox. promedio}}$ para ambas tecnologías

5.5.3 Relación Agua/Cemento 0.41

Como se ha venido mencionando anteriormente sólo a manera hipotética, para este caso en que ya existe mucha reducción de cemento no se puede hallar una resistencia a la compresión en este gráfico de acuerdo a la relación agua/cemento.

Este gráfico solamente podría ser usado para el caso de la Mezcladora, ya que al realizar estos diseños en el Dispensador no se obtiene concretos trabajables, por lo tanto no usados en el medio de trabajo. Posteriormente al buscar estos concretos trabajables, significa una reducción de cemento para lo cual no es aplicable la mencionada gráfica.

Se evaluó la resistencia a la compresión para la Mezcladora y se obtuvo:

- De la gráfica 5.16 para la Mezcladora $f'c_{\text{aprox. promedio}}$: 390 kg/cm²

Analizando los ensayos individuales y consecutivos y cumpliendo los requisitos dados no se puede hallar exactamente el $f'c$ al que corresponde dicha relación agua/cemento. Lo que daremos a continuación es el rango por donde fluctúan los valores de la resistencia a la compresión (ver gráfico 5.13).

Rango de Resistencia a la compresión ($f'c$) = 363 a 396 kg/cm²

Como se puede ver este rango se encuentran los valores de $f'c_{\text{aprox. promedio}}$ para la Mezcladoras.

En los tres apartados anteriores se ha hallado aproximadamente la resistencia a la compresión para determinadas relaciones agua/cemento, pero cuando se diseña un concreto no se diseña con esta resistencia a la compresión sino con una resistencia a la compresión promedio requerida ($f'cr$). Esta se determina aplicando un factor de seguridad a la resistencia a la compresión inicial.

“Las Normas Peruanas de Estructuras” (NPE), mencionan que si no se tienen registros de muestras tomadas con esas tecnologías, se aplique la tabla 4.3.2b del NPE (dada anteriormente) de lo contrario este factor de seguridad sería definido a criterio del diseñador o según como trabaje la compañía constructora.

Para el caso de Bloques Piura (Planta de Cementos Pacasmayo S.A.A), la empresa cuenta con registros de mezclas de concreto, por lo que el Factor de Seguridad es menor al dado por el ACI.

5.6 Análisis comparativo de la desviación estándar obtenida con Mixer y Dispensador.

En los apartados anteriores se ha comparado las dos tecnologías en estudio, respecto a la resistencia y al slump, ahora se va evaluar las desviaciones estándar obtenidas para ambas tecnologías según las probetas realizadas, ya que resulta fundamental en las aplicaciones poder evaluar el grado de dispersión de cada una de las tecnologías usadas respecto al promedio. Una idea tosca de esta medida se tendría por la simple diferencia entre el dato mas alto y el mas bajo, pero tal medida haría a un lado la idea de distribución que es fundamental.

En la tabla 5.16 se muestra las desviaciones estándar de cada uno de los diseños de mezcla realizados en esta investigación, los cuales han sido detallados anteriormente, tanto para la Mezcladora como para el Dispensador, pues es conocido que la desviación estándar está directamente relacionado con los agregados y de la tecnología de despacho de concreto. En esta tabla se muestra un mismo diseño de mezcla elaborado en tres tandas para el caso de la mezcladora y 2 tandas para el caso del Dispensador.

Se sabe que cuanto menor sea la desviación estándar se tiene un mas bajo nivel de dispersión, y nos damos cuenta en este tema de investigación entonces que para el caso de la mezcladora las desviaciones estándar son bajas respecto al Dispensador, excepto 2 de ellas que son para el caso de las relaciones $w/c = 0.57$ en el diseño (D2-a – Mezcl.) Y para la relación $w/c = 0.49$ en el diseño (D3 – b – Mezcl.), pero aún así están dentro del rango permitido, pues se sabe que las desviaciones estándar para el concreto están por el orden de 20 kg/cm^2 , teniendo como máxima desviación estándar obtenida fue de 20.35 kg/cm^2 y se da para el caso del Dispensador.

Para el caso del Dispensador las desviaciones estándar son ligeramente mas altas que la de la mezcladora, pero también se encuentran dentro del rango establecido, salvo la relación $w/c=0.41$ en el diseño (D6 – a – Disp.), este resultado es lógico ya que el Dispensador es una unidad de medida volumétrica, pero este error esta atenuado ya que la calibración de esta unidad esta basada en una dosificación en peso.

En la tabla 5.17 se muestra las desviaciones estándar de la unión de las tres tandas de concreto elaboradas en la mezcladora y en diferentes días y las dos tandas elaboradas en el Dispensador, también en diferentes días; por lo que esto es considerado como ensayos de obra, por lo tanto las desviaciones estándar deben ser mas altas, tal es el caso de los datos mostrados en esta tabla.

En conclusión todos los datos están dentro de los rangos esperados para ambas tecnologías ya sea para la mezcladora como para el Dispensador. En el grupo, la

máxima desviación estándar obtenida fue de 13.75 kg/cm² y se da para el caso del Dispensador.

Para finalizar podemos decir que para disminuir las desviaciones estándar de ambas tecnologías hay que tener mucho cuidado al elaborar cada una de las probetas.

Tabla 5.16: Desviaciones estándar por tandas en la Mezcladora y en el Dispensador

Unidad	Mezcladora			Dispensador		Diseño	Slump
	W/C	a	b	c	a		
0.57	5.55	2.20	3.79	10.06	6.16	D1 (M. Seca _{mezcladora})	1" a 2"
	7.53	2.78	3.66	12.77	8.17	D2 (M. Plástica _{mezcladora})	3" a 4"
	-	-	-	4.11	-	D7 (M. Plástica _{Dispensador})	3" a 4"
0.49	4.41	14.98	2.39	16.18	8.51	D3 (M. Seca _{mezcladora})	1" a 2"
	4.82	5.92	1.86	10.12	8.09	D4 (M. Plástica _{mezcladora})	3" a 4"
	-	-	-	11.13	-	D8 (M. Plástica _{Dispensador})	3" a 4"
0.41	6.23	4.69	5.20	12.11	8.53	D5 (M. Seca _{mezcladora})	1" a 2"
	4.92	2.77	6.13	20.35	6.78	D6 (M. Plástica _{mezcladora})	3" a 4"
	-	-	-	7.36	-	D9 (M. Plástica _{Dispensador})	3" a 4"

Como ya se ha mencionado anteriormente para cada diseño se efectuaron varias tandas, por lo que en la tabla 5.17 se muestra la unión de todas las tandas que corresponden a un mismo diseño, por lo que se trata de una Desviación estándar considerada como obra.

Tabla 5.17: Desviaciones estándar con unión de tandas en la Mezcladora y en el Dispensador (considerados como ensayos de obra).

W/C	Mezcladora	Dispensador	Diseño	Slump
0.57	10.99	8.22	D1 (M. Seca _{mezcladora})	1 a 2
	7.68	10.65	D2 (M. Plástica _{mezcladora})	3 a 4
	-	4.11	D7 (M. Plástica _{Dispensador})	3 a 4
0.49	9.07	9.11	D3 (M. Seca _{mezcladora})	1 a 2
	12.68	9.26	D4 (M. Plástica _{mezcladora})	3 a 4
	-	11.13	D8 (M. Plástica _{Dispensador})	3 a 4
0.41	8.51	5.08	D5 (M. Seca _{mezcladora})	1 a 2
	9.40	13.75	D6 (M. Plástica _{mezcladora})	3 a 4
	-	7.36	D9 (M. Plástica _{Dispensador})	3 a 4

5.7 Análisis de la desviación estándar obtenida con Mixer y Dispensador en estudios elaborados por BLOQUES PIURA

Como sabemos la muestra de datos realizada en este estudio es muy pequeña para hacer una correcta evaluación de la dispersión de la resistencia a la compresión del concreto, por lo que se ha tomado dos estudios de gran cobertura y elaborados por gran tiempo por la Planta Bloques Piura (Planta de Cementos Pacasmayo S.A.A.).

Se ha considerado para el caso:

- Mixer: La obra de la Central Hidroeléctrica de Poechos.
- Dispensador: Los puentes vaciados en Tumbes

Cabe señalar que estos diseños han sido elaborados con aditivo, pero han sido tomados en cuenta ya que para este apartado lo que se esta considerando es la dispersión de datos y las desviaciones estándar que se van a obtener nos servirán de referencia, porque para realizar un mejor estudio se debería de considerar iguales o parecidos materiales y condiciones similares.

A) CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE POECHOS

La Central Hidroeléctrica Poechos, está ubicada en la Costa Norte del Perú, en el Departamento de Piura, Provincia de Sullana, a unos 30 km de la frontera Perú-Ecuador, aproximadamente a 80°30' longitud Oeste y 4° 40' latitud Sur.

Bloques Piura (Planta de premezclado de Cementos Pacasmayo S.A.A.) fue el proveedor de Concreto de esta obra, usando para su producción Agregado Fino de la Cantera de Chipillico, Agregado Grueso de la Cantera Río Chiram la cual es zarandeada, Cemento Pacasmayo Tipo V y cuando es el caso Plastificante EUCO - Qca Suiza WR-91.

Se despachó 14,000 m³ de concretos. Entre las resistencias atendidas estuvieron la de 140kg/cm², 210 kg/cm², 280 kg/cm² y 350 kg/cm².

En la tabla 5.18 se muestra los parámetros de los agregados utilizados en la Central Hidroeléctrica de Poechos y en la tabla 5.19 se muestran las cantidades por metro cúbico utilizadas en la misma.

Tabla 5.18: Parámetros físicos de los Agregados utilizados en la Central Hidroeléctrica de Poechos

	Agr. Grueso	Agr. Fino
T.M.N.	3/4"	-
Gravedad específica de masa saturada	2.65	2.57
% absorción	0.63	1.58
%humedad	0.43	0.35

Tabla 5.19: Cantidades por Metro Cúbico de Concreto en la Central Hidroeléctrica de Poechos

F'c	(kg/cm2)	350	280	210	140
Cemento	(kg)	459	396	311	250
Agua	(kg)	177.6	175.23	164.8	205
Ag. Fino	(kg)	598.42	673.12	749.06	793
Ag. Grueso	(kg)	1145.07	1131.58	1157.69	990
Aditivo	(kg)	1.84	1.58	1.24	-
w/c		0.366	0.416	0.493	0.794
Proporción (%)		35/65	38/62	40/60	45/55

En las tablas 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23 se observa las muestras elaboradas de la resistencia a la compresión para 350 kg/cm^2 , 210 kg/cm^2 , 280 kg/cm^2 y 140 kg/cm^2 respectivamente, las cuales son promedio de 2 a 3 probetas (ver anexo "G", donde se muestra el detalle de las probetas). Cabe mencionar que estas probetas han sido ensayadas en la prensa de la Universidad de Piura.

Tabla 5:20: Muestras de la Resistencia a la Compresión $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Infor.	Fecha Vaceado	N°	Edad 7
20804	24/10/2002	1	361
20805	25/10/2002	2	358
20824	29/10/2002	3	286
20829	30/10/2002	4	351
20847	01/11/2002	5	350
20848	01/11/2002	6	345
20865	04/11/2002	7	353
20905	05/11/2002	8	356
20930	08/11/2002	9	360
20933	10/11/2002	10	378
20934	11/11/2002	11	357
20934	11/11/2002	12	332
20940	14/11/2002	13	286
21034	07/12/2002	14	336
21035	09/12/2002	15	316
21043	13/12/2002	16	359
Total de muestras			16
Diferencia de $F'c$			92
Media		kg/cm ²	343
Desviación Estándar		kg/cm ²	26.28
Coef. De variación		kg/cm ²	7.67

Infor.	Fecha Vaceado	N°	Edad 28
20942	24/10/2002	1	495
20944	25/10/2002	2	470
20979	01/11/2002	3	478
20980	01/11/2002	4	495
20981	02/11/2002	5	464
20982	03/11/2002	6	457
20983	04/11/2002	7	516
21002	05/11/2002	8	480
21007	11/11/2002	9	467
21007	11/11/2002	10	480
21008	08/11/2002	11	514
21009	10/11/2002	12	493
21029	18/11/2002	13	444
21029	18/11/2002	14	417
21042	20/12/2002	15	424
30030	07/12/2002	16	460
30031	09/12/2002	17	442
30039	13/12/2002	18	453
Total de muestras			18
Diferencia de $F'c$			99
Media		kg/cm ²	469
Desviación Estándar		kg/cm ²	27.72
Coef. de variación		kg/cm ²	5.91

Tabla 5:21: Muestras de la Resistencia a la Compresión $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Infor.	Fecha Vaceado	N°	Edad 7
21000	25/11/2002	1	196.3
30034	02/01/2003	2	272.5
30035	04/01/2003	3	215.5
		4	225

Infor.	Fecha Vaceado	N°	Edad 28
20806	04/10/2002	1	355
		2	312
20808	05/10/2002	3	322
20844	10/10/2002	4	294

Continúa...

Continua...

Infor.	Fecha	N°	Edad
	Vaceado		7
30044	07/01/2003	5	201
30082	10/01/2003	6	251
30128	13/01/2003	7	285.7
30131	14/01/2003	8	267.7
30133	15/01/2003	9	294.7
30634	16/06/2003	10	283
30649	01/07/2003	11	250.7
30650	02/07/2003	12	251
30651	03/07/2003	13	258.3
30679	08/07/2003	14	271.7
30689	14/07/2003	15	270.3
30690	16/07/2003	16	255.3
30691	17/07/2003	17	251.7
30695	18/07/2003	18	291
30848	30/07/2003	19	290
30849	31/07/2003	20	298.3
30880	05/08/2003	21	306.3
Total de muestras			21
Diferencia de F'c			110
Media		kg/cm ²	261
Desviación Estándar		kg/cm ²	31.12
Coef. de variación		kg/cm ²	11.91

Infor.	Fecha	N°	Edad
	Vaceado		28
20914	16/10/2002	5	306
30692	24/06/2003	6	375
30693	25/06/2003	7	394
30694	26/06/2003	8	392
30696	01/07/2003	9	374
30697	02/07/2003	10	373
30698	03/07/2003	11	366
30851	08/07/2003	12	374
30852	14/07/2003	13	357
30873	16/07/2003	14	374
30877	17/07/2003	15	357
30878	18/07/2003	16	386
Total de muestras			16
Diferencia de F'c			100
Media		kg/cm ²	357
Desviación Estándar		kg/cm ²	31.42
Coef. de variación		kg/cm ²	8.80

Tabla 5:22: Muestra de Resistencia a la Compresión de 280 kg/cm²

Infor.	Fecha	N°	Edad
	Vaceado		28
21005	06/11/2002	1	404
21032	15/11/2002	2	382
		3	375
21033	16/11/2002	4	391
		5	377
30076	19/12/2002	6	386
30079	20/12/2002	7	330
30080	20/12/2002	8	410
30081	21/12/2002	9	371
30109	23/12/2002	10	354

Continua ...

Tabla 5:23: Muestra de Resistencia a la Compresión de 140kg/cm²

Infor.	Fecha	N°	Edad
	Vaceado		28
20912	16/10/2002	1	244
20927	18/10/2002	2	194
20928	19/10/2003	3	226
21048	21/11/2002	4	161
21077	05/12/2002	5	140
21078	05/12/2002	6	188
30027	10/12/2002	7	185
		8	174
30028	11/12/2002	9	161
		10	212

Continúa ...

Infor.	Fecha Vaceado	N°	Edad 28
30134	26/12/2002	11	375
30135	27/12/2002	12	378
30136	28/12/2002	13	383
30635	06/06/2003	14	331
30636	06/06/2003	15	345
30637	06/06/2003	16	357
30368	06/06/2003	17	375
Total de muestras			17
Diferencia de F'c			80
Media	kg/cm ²		372
Desviación Estándar	kg/cm ²		22.43
Coef. de variación	kg/cm ²		6.03

Infor.	Fecha Vaceado	N°	Edad 28
30647	11/06/2003	11	190
30648	12/06/2003	12	183
30652	13/06/2003	13	194
30653	16/06/2003	14	158
30680	17/06/2003	15	178
30681	18/06/2003	16	150
Total de muestras			16
Diferencia de F'c			104
Media	kg/cm ²		184
Desviación Estándar	kg/cm ²		27.54
Coef. de variación	kg/cm ²		15.01

En la tabla 5.24 se muestra una tabla resumen de las desviaciones estándar obtenidas para cada clase de concreto. Como se puede observar se tiene pocos datos para cada clase de concreto, pero según las Normas Peruanas de Estructuras, para calcular la desviación estándar en el método 2, dice que si sólo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos (como es nuestro caso) se calculará la desviación estándar correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección para obtener el nuevo valor de la desviación estándar.

Tabla 5.24: Desviaciones estándar de la Central Hidroeléctrica de Pochos para Ensayos Individuales

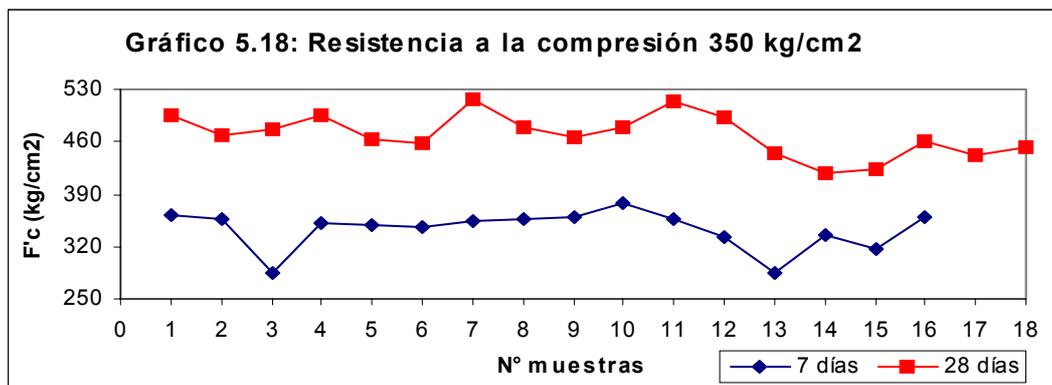
F'c diseño	Edad	N° ensayos	Media	Desv. Están.	Coef. Variac.
350	7	16	343	26.28	7.67
	28	18	469	27.72	5.91
210	7	21	261	31.12	11.91
	28	16	357	31.42	8.80
280	28	17	372	22.43	6.03
140	28	16	184	27.54	15.01

Teniendo el número de ensayos, en la tabla 5.25 se ha hallado la desviación estándar para los ensayos consecutivos mostrados en la tabla anterior, para posteriormente hallar el factor de corrección y finalmente hallar la nueva desviación estándar, se tomarán solamente las muestras a 28 días.

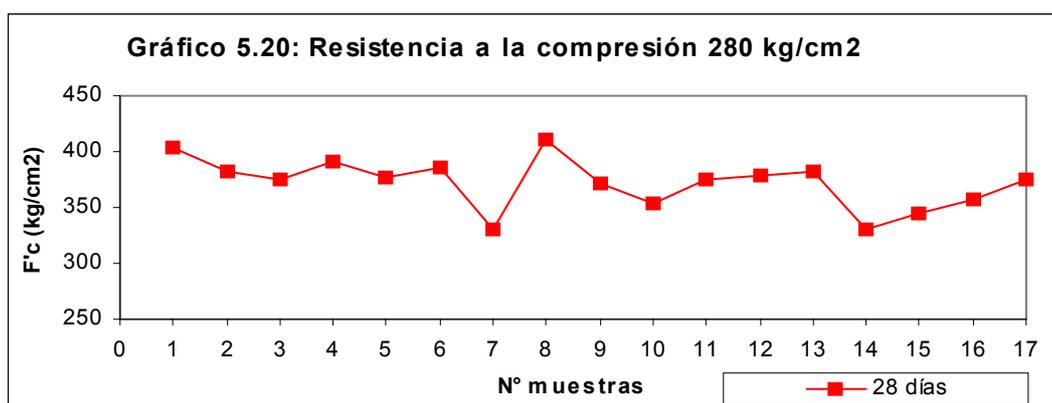
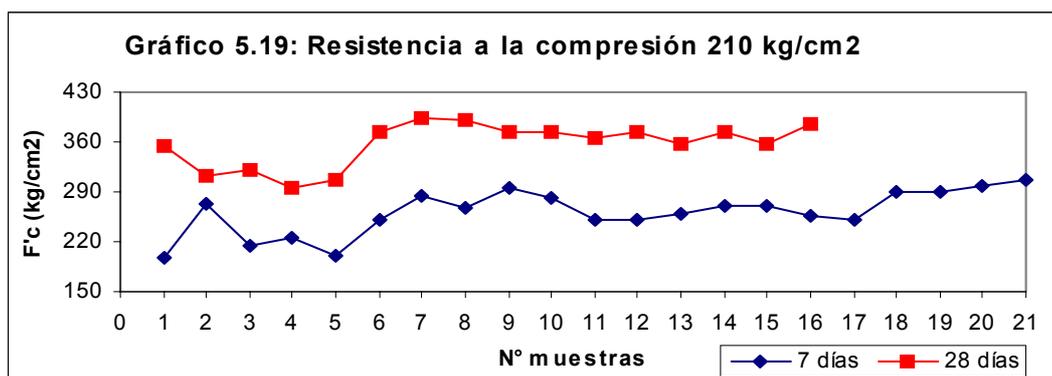
Como se puede mencionar en esta mencionada tabla las desviaciones estándar han disminuido (comparar con la tabla 5.24) ya que al hallar estas desviaciones en ensayos consecutivos, el error disminuye.

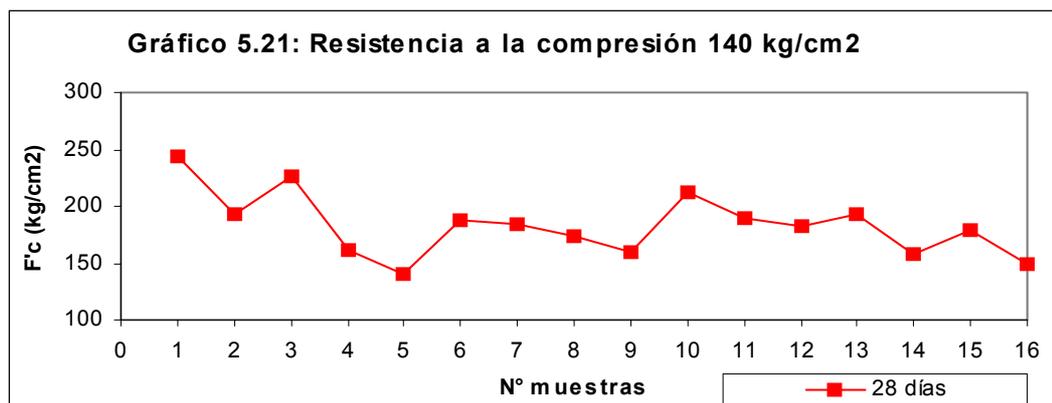
Tabla 5.25: Desviaciones Estándar Corregidas

F'c diseño	Desv. Están. Inicial	Factor de Corrección	Desv. Estándar Final
350	20.97	1.16	32.16
210	27.34	1.16	36.45
280	12.21	1.16	26.02
140	23.77	1.16	31.95



as descritas en las
280 kg/cm² y 140





B) RECONSTRUCCION DE PUENTES EN TUMBES

La reconstrucción de Puentes se dio en la Panamericana Norte, esta es otra obra que asumió la Planta Bloques Piura (Planta de premezclado de Cementos Pacasmayo S.A.A.) en la producción y despacho de concreto en obras civiles de gran envergadura es el aprovisionamiento de 7000 m³ de concreto en la construcción de puentes en la zona norte de Piura y Tumbes. Entre las resistencias atendidas están la de 210kg/cm², 245 kg/cm², 280 kg/cm² y 400 kg/cm².

En esta obra se vaciaron 3 puentes con Dispensador, llamados Puente Quebrada Grande, Puente Bocapán y Puente Bólsico, usando agregados, tanto agregado fino como grueso de la Cantera de la Cruz, cemento tipo MS y cuando es el caso Plastificante EUCO - Qca Suiza WR-51.

En la tabla 5.26 se muestran las cantidades por metro cúbico utilizadas en la mezclas para cada tipo de concreto, en cada uno de los puentes, tanto para el puente Quebrada Grande, Bocapán y Bolsico.

Tabla 5.26: Cantidades por Metro Cúbico utilizado en los Puentes

Puente	Quebrada Grande	Bocapán		Bolsico
F'c (kg/cm ²)	280	400	280	280
Cemento (kg)	440	550	440	440
Agua (kg)	205	205	205	205
Ag. Fino (kg)	732	650	732	732
Ag. Grueso (kg)	946	946	946	946

En las tablas 5.27, 5.28 A, 5.28 B y 5.29 se observa las muestras elaboradas de la resistencia a la compresión para los Puentes Quebrada Grande para 280 kg/cm², Bocapán para 400 kg/cm² y 280 kg/cm² y Bolsico para 280 kg/cm² respectivamente. Cada muestra, es un promedio de 2 a 3 probetas (ver anexo "H", donde se muestra el detalle de las probetas). Cabe mencionar que estas probetas han sido ensayadas en la prensa de Bloques Piura y aprobadas por la supervisión.

PUENTE BOCAPAN**Tabla 5:28 A: Muestras de la Resistencia a la Compresión $F'c = 400 \text{ kg/cm}^2$**

Fecha Vaceado	N°	Edad 7
08/12/2001	1	315
17/12/2001	2	239
22/12/2001	3	299
23/12/2001	4	311
27/12/2001	5	334
03/01/2002	6	303
03/01/2002	7	324
14/01/2002	8	328
18/01/2002	9	316
18/01/2002	10	241
21/01/2002	11	358
21/01/2002	12	338
23/01/2002	13	319
24/01/2002	14	258
30/01/2002	15	366
30/01/2002	16	358
30/01/2002	17	336
31/01/2002	18	325
Total de muestras		18
Diferencia de F'c		127
Media (kg/cm ²)		315
Desv. Est. (kg/cm ²)		36.74
Coef. Variación (%)		11.67

Fecha Vaceado	N°	Edad 28
08/12/2001	1	402
17/12/2001	2	398
22/12/2001	3	420
23/12/2001	4	418
27/12/2001	5	414
03/01/2002	6	411
03/01/2002	7	442
14/01/2002	8	422
18/01/2002	9	430
18/01/2002	10	420
21/01/2002	11	391
21/01/2002	12	383
23/01/2002	13	444
24/01/2002	14	321
30/01/2002	15	454
30/01/2002	16	454
30/01/2002	17	461
31/01/2002	18	462
Total de muestras		18
Diferencia de F'c		141
Media (kg/cm ²)		419
Desv. Est. (kg/cm ²)		34.10
Coef. Variación (%)		8.14

Tabla 5:28 B: Muestras de la Resistencia a la Compresión $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Fecha Vaceado	N°	Edad 7
30/11/2001	1	211
02/12/2001	2	303
06/12/2001	3	250
08/12/2001	4	258
07/12/2001	5	204
09/12/2001	6	218
14/12/2001	7	221
12/12/2001	8	204
13/12/2001	9	226
18/12/2001	10	239
13/02/2002	11	248
16/02/2002	12	227
17/02/2002	13	223
22/02/2002	14	232
23/02/2002	15	233
25/02/2002	16	263
26/02/2002	17	242
28/02/2002	18	251
02/03/2002	19	261
31/12/2001	20	276

Fecha Vaceado	N°	Edad 14
29/11/2001	1	290
30/11/2001	2	315
06/12/2001	3	247
	4	249
08/12/2001	5	276
07/12/2001	6	259
14/12/2001	7	263
12/12/2001	8	302
13/12/2001	9	262
14/12/2001	10	228
18/12/2001	11	290
13/02/2002	12	285
16/02/2002	13	289
17/02/2002	14	251
22/02/2002	15	270
23/02/2002	16	285
25/02/2002	17	294
26/02/2002	18	281
28/02/2002	19	290
02/03/2002	20	294

Fecha Vaceado	N°	Edad 28
29/11/2001	1	351
30/11/2001	2	349
02/12/2001	3	317
	4	337
	5	346
06/12/2001	6	326
08/12/2001	7	324
07/12/2001	8	301
09/12/2001	9	292
14/12/2001	10	314
12/12/2001	11	319
13/12/2001	12	287
13/12/2001	13	314
14/12/2001	14	288
18/12/2001	15	332
13/02/2002	16	318
16/02/2002	17	326
17/02/2002	18	296
22/02/2002	19	295
23/02/2002	20	319

Continua ...

En la tabla 5.30 se muestra una tabla resumen de las desviaciones estándar obtenidas para cada clase de concreto. Según las Normas Peruanas de Estructuras, para calcular la desviación estándar en el método 2, dice que si sólo se posee un registro de 15 a 29 ensayos consecutivos (como es, en la mayoría de casos, aunque existe una muestra mayor a 30, allí no hay que aplicarle ningún factor de corrección, o en todo caso el factor es 1) se calculará la desviación estándar correspondiente a dichos ensayos y se multiplicará por el factor de corrección para obtener el nuevo valor de la desviación estándar.

Tabla 5.30: Desviaciones estándar de la Construcción de Puentes en Tumbes para Ensayos Individuales

Puente	F'c diseño	Edad	Nº ensayos	Media	Desv. Están.	Coef. Variac.
Quebrada Grande	280	7	26	253	22.15	8.76
		28	29	316	22	7.01
Bocapán	400	7	18	315	36.74	11.67
		28	18	419	34.10	8.14
	280	7	32	229	28.83	12.60
		14	21	276	21.19	7.69
		28	37	314	19.77	6.29
		7	17	243	14.54	5.98
Bolsico	280	28	28	313	31.04	9.93

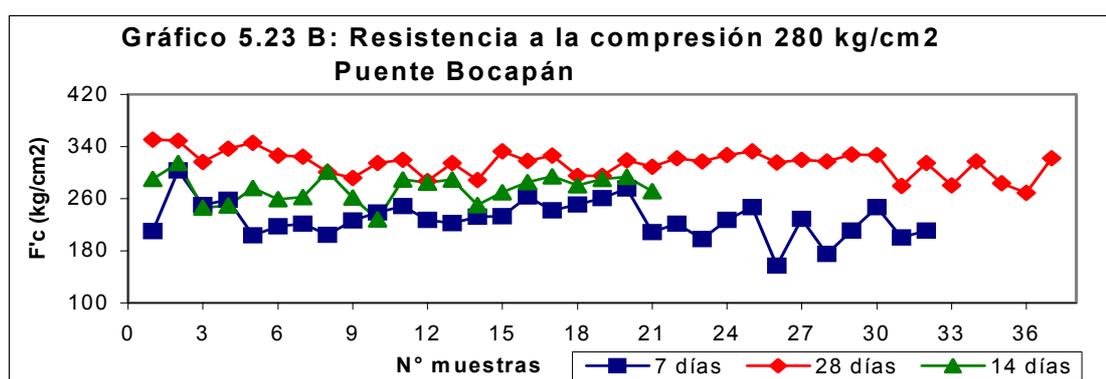
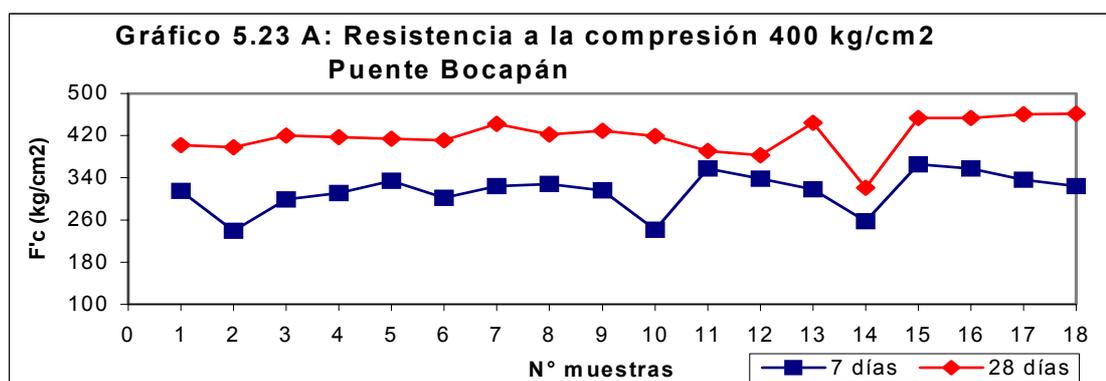
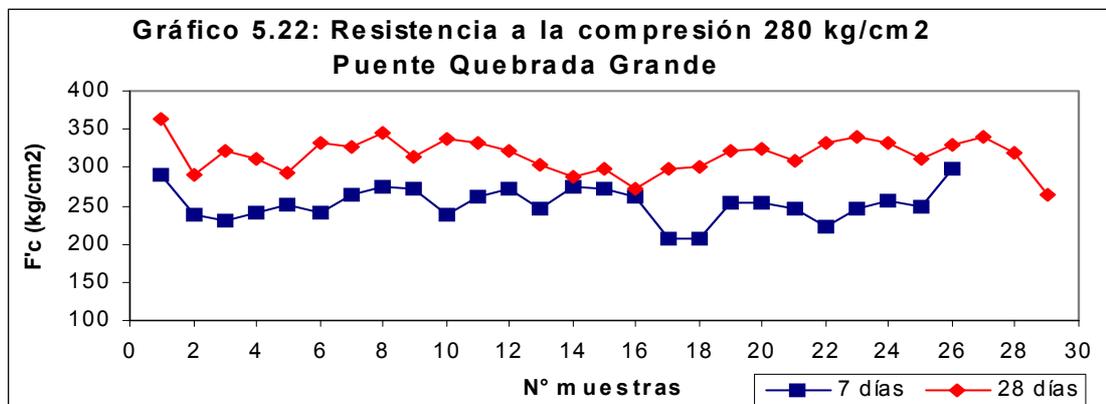
Teniendo el número de ensayos, en la tabla 5.31 se ha hallado la desviación estándar para los ensayos consecutivos mostrados en la tabla anterior, para posteriormente hallar el factor de corrección y finalmente hallar la nueva desviación estándar, se tomarán solamente las muestras a 28 días.

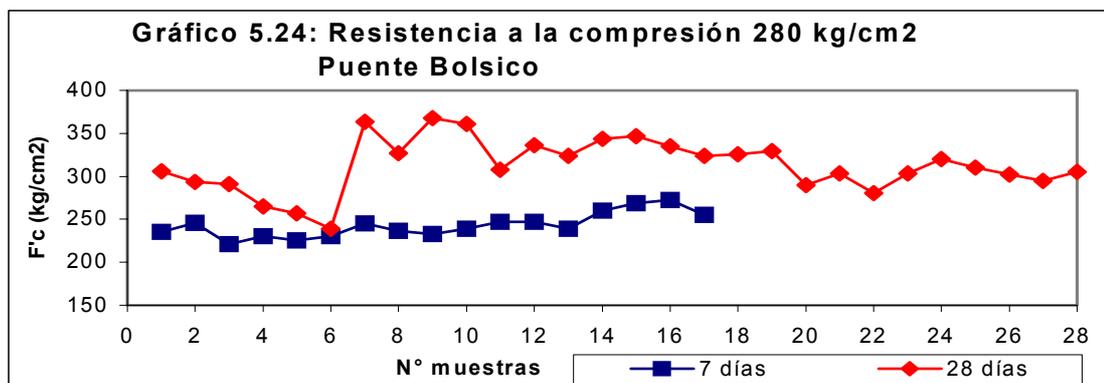
Como se puede observar en esta mencionada tabla las desviaciones estándar han disminuido (comparar con la tabla 5.30) ya que al hallar estas desviaciones en ensayos consecutivos, el error disminuye.

Tabla 5.31: Desviaciones Estándar Corregidas

Puente	F'c diseño	Desv. Están. Inicial	Factor de Corrección	Desv. Estándar Final
Quebrada Grande	280	14.27	1.03	14.70
Bocapán	400	19.31	1.16	22.40
		280	13.23	1.00
Bolsico	280	25.21	1.03	25.97

En los gráficos 5.22, 5.23 A, 5.23 B y 5.24 se muestran los ensayos individuales para en Puente Quebrada Grande de resistencias de 280 kg/cm², Puente Bocapán de resistencias de 400 kg/cm² y 280 kg/cm² y el Puente Bolsico de resistencia 280kg/cm² respectivamente tanto para 7 como 28 días.





Como ya se ha mencionado anteriormente, mientras menor sea la desviación estándar se tiene un mas bajo nivel de dispersión, entonces observamos que para los dos casos analizados, tanto para el mixer como para el Dispensador las desviaciones estándar están dentro de un rango aceptado, la mayor desviación estándar para ensayos individuales obtenida es de 36.74 kg/cm² y es para el caso del Dispensador, en el Puente Bocapán y la mayor desviación estándar para ensayos consecutivos obtenida es para el caso del Mixer y es de 27.34 kg/cm², aplicándole el factor de corrección obtenemos 36.45 kg/cm². Este factor de corrección es alto ya que en el Mixer tenemos mucho menos muestras que para el Dispensador.

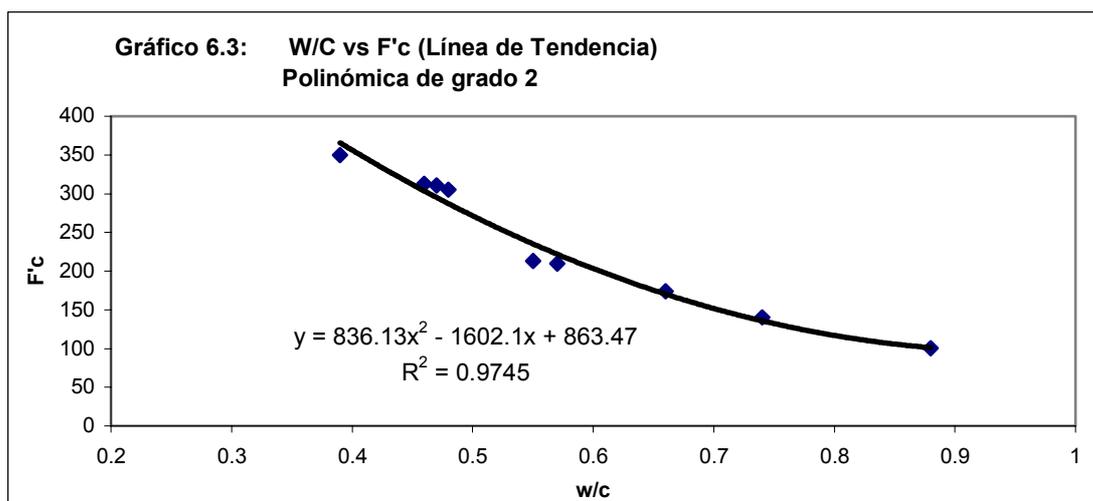
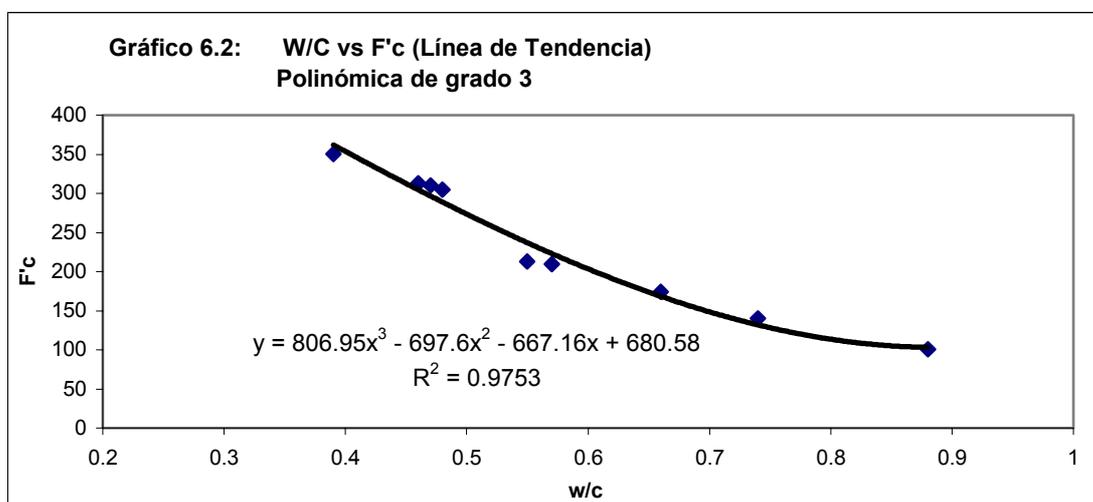
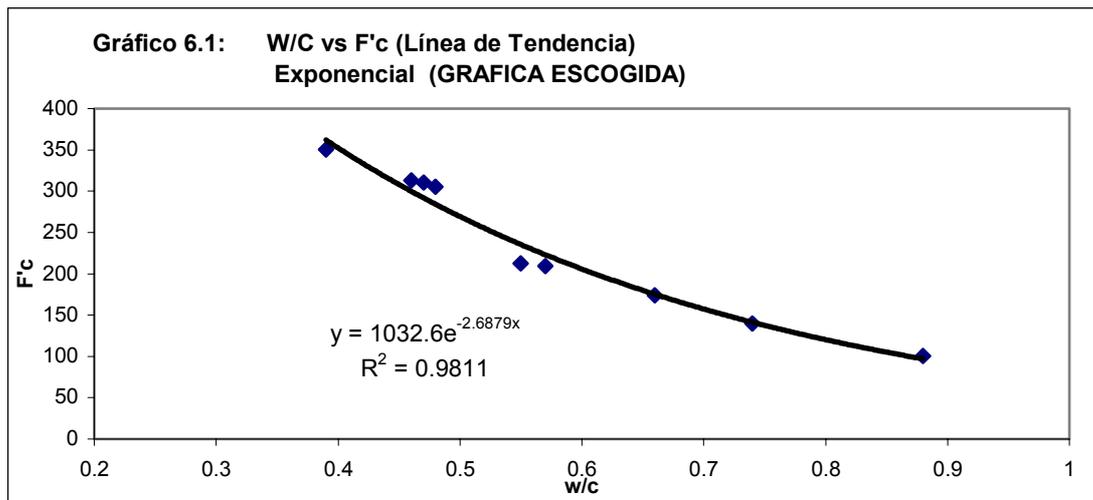
Como conclusión final, no se puede afirmar que una tecnología nos de mayor o menor dispersión que otra, pero si a manera hipotética es de esperar que el Dispensador nos arroje mayor desviación estándar que el Mixer por tratarse de una medición volumétrica, pero como se ha mencionado anteriormente esta diferencia no es demasiado grande ya que este diseño está basada en una dosificación en peso.

CAPITULO VI

BASE DE DATOS ANTERIORES A ESTE ESTUDIO

Se contó con una base de datos proporcionada por Bloques Piura (Planta de Cementos Pacasmayo S.A.A.), pero ésta no es muy amplia, puesto que los registros referentes a los materiales utilizados arena de Chulucanas y Piedra Chancada de 1” de Vice, sólo existen desde setiembre del 2002.

Para el caso del Mixer, la base de datos es más amplia y completa, ya que casi siempre que se realiza algún despacho de concreto se toma una muestra. Esto no ocurre con el Dispensador, ya que en este caso existen menos datos comparados con el Mixer, pero sí es preciso decirlo, son muy significativos.



6.2 Gráficas DISPENSADOR

En la Tabla 6.2 se muestra la relación w/c según la resistencia a la compresión. Esta tabla fue construida con la base de datos existente para el Dispensador.

**Tabla 6.2: Resistencia a la Compresión a 28 días, según la W/C
Tecnología: Dispensador Slump: 2 ½” a 3”**

W/C	f'c promedio
0.37	345.12
0.46	333.79
0.47	272.86
0.48	270.17
0.55	244.13
0.65	153.46
0.7	126.60
0.78	97.30

También se ha aproximado la base de datos obtenida del Dispensador y se ha probado varias líneas de tendencia, obteniéndose:

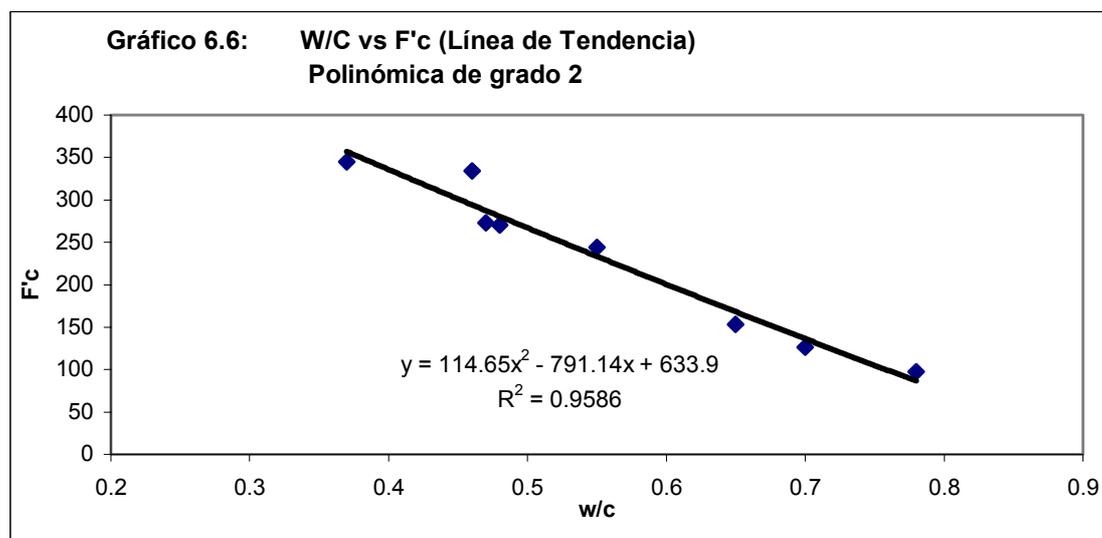
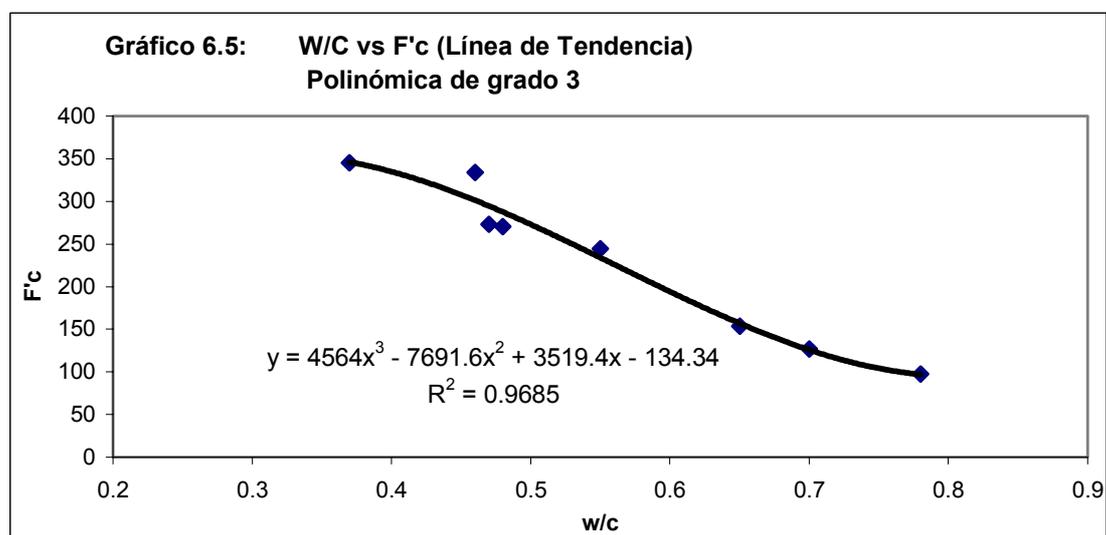
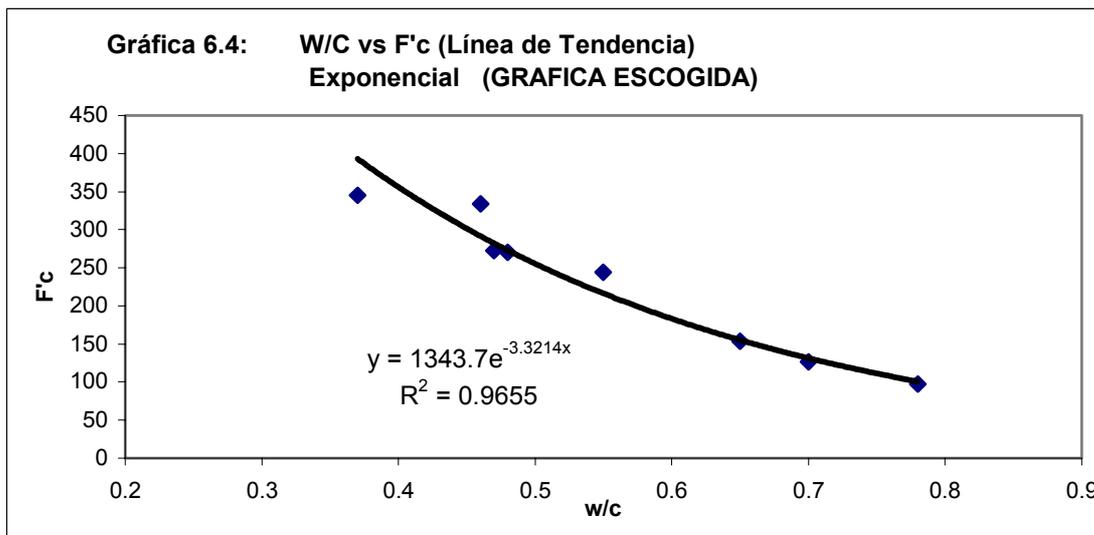
- Curva Exponencial (gráfica 6.4) con Aproximación 96.55 %
- Curva Polinómica de grado 3 (gráfica 6.5) con Aproximación 96.85 %
- Curva Polinómica de grado 2 (gráfica 6.6) con Aproximación 95.86 %

Como nos podemos dar cuenta la curva polinómica de grado 3 tiene mejor aproximación, pero se escoge la curva exponencial ya que a es la que tiene mejor visión gráfica. La ecuación de ajuste es la mostrada en la ecuación 6.2.

$$f'c = 1343.7 e^{-3.3214 x}$$

.... Ecuación 6.2

$$R^2 = 0.9655$$



6.3 Aplicación de las Ecuaciones 6.1 (Mixer) y 6.2 (Dispensador)

Al obtener las ecuaciones 6.1 y 6.2, se muestra a forma comparativa la tabla 6.3, en la que se observa de acuerdo a la relación w/c la resistencia a la compresión según las ecuaciones mencionadas anteriormente tanto para el Mixer como para el Dispensador. Asimismo también se la resistencia a la compresión promedio mencionada en el capítulo 5, producto de este tema de Investigación.

Tabla 6.3: Resistencia a la compresión según las ecuaciones 6.1 y 6.2

W/C	$f'c$			Diferencia en el $f'c$	
	Cibi (ec. 6.1)	Dispensador (ec. 6.2)	Estudiadas Capítulo 5	Estudiada - Cibi	Estudiada - Dispensador
0.41	343	344	391	48	47
0.49	277	264	325	48	61
0.57	223	202	270	47	68

A través de esta tabla, nos damos cuenta que los valores mencionados por este tema de investigación presenta menos diferencia en resistencia a la compresión para el caso de Mixer y mucho más diferencia al tratarse del Dispensador. Para ser más exacta, la máxima diferencia existente entre la resistencia a la compresión del Mixer y la mencionada investigación, es 48 kg/cm^2 y para el caso del Dispensador la máxima diferencia es 68 kg/cm^2 . Como podemos observar el Dispensador tiene mayor error, pero este valor puede ser compensado al trabajar con un Factor de Seguridad mayor, en todo caso esto queda a criterio del que realiza la mezcla de diseño.

6.4 Procedimiento a seguir para elaborar un diseño de mezcla

Después de ver este capítulo y los anteriores podemos deducir la manera correcta de realizar un diseño de mezcla. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Ir a la ecuación (6.1) o ecuación (6.2) según la tecnología de despacho de concreto a utilizar y hallar la relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión requerida.
- Dar un Factor de seguridad a criterio del diseñador, según el tipo y magnitud de la obra y según el número de datos registrados que se tengan hasta la fecha de elaboración del diseño de la mezcla de concreto.
- Ir a los gráficos 7.1, 7.2 y 7.3 (ver capítulo VII) y hallar la cantidad de cemento según el slump requerido.
- Ingresar en la hoja de cálculo (ver apartado 3.3.2) los parámetros de diseño, tales como gravedad específica, contenido de humedad, capacidad de absorción, módulo de fineza, tamaño máximo tanto para el agregado fino como para el agregado grueso y finalmente la relación w/c y la cantidad de cemento requerida.

- Hallar el porcentaje óptimo entre el agregado fino respecto al agregado grueso de la mezcla; este es optimizado según los Pesos Unitarios Compactados (ver anexo B).
- Al ingresar todos los datos anteriores a la hoja de cálculo, obtendrán las cantidades finales a utilizar en la mezcladora o en el Dispensador según sea el caso.

CAPITULO VII

ANALISIS DE COSTOS

Antes de realizar el análisis del costo del concreto por metro cúbico y según la tecnología de despacho de concreto, se demostrará el ahorro del cemento que existe al usar la nueva tecnología del Dispensador.

7.1 Ahorro de Cemento en el Dispensador

Como ya se ha mencionado, se ha buscado mezclas trabajables en el Dispensador. Para lograr estas mezclas trabajables, se tenía que conservar la misma relación agua/cemento para obtener las mismas resistencias a la compresión; por tal motivo se tenía que disminuir la cantidad de agua y por ende la cantidad de cemento. Es aquí donde se presenta la ventaja de disminución de costos.

También se ha notado que a medida que la relación agua/cemento disminuye, el ahorro de cemento se hace mucho mayor; esto hasta cierto punto se entiende ya que cuando la relación w/c va disminuyendo, la mezcla va siendo más rica en cemento, entonces el ahorro en cemento también tiene que aumentar.

En la tabla 7.1 se muestra las cantidades de cemento utilizadas según la relación agua/cemento y slump utilizado comparado con cada una de las tecnologías, es decir en Mezcladora y en Dispensador. En esta tabla observamos que la mezcla tipo "A", fue realizada en la mezcladora y se obtuvo slump 2" y al realizar esta mezcla idéntica en el Dispensador (Mezcla Tipo "C") se obtuvo slump 7 ½" (ver cantidades de cemento utilizadas son iguales). De igual forma sucedió con la mezcla tipo "B", que fue realizada en la mezcladora y se obtuvo slump 3 ½" y al realizarla idéntica en el Dispensador (Mezcla Tipo "D") se obtuvo slump 7 ½".

Nos damos cuenta que para ninguno de los dos casos anteriores obtenemos mezclas trabajables en el Dispensador, lo que nos llevó a realizar una corrección y vendría a ser la Mezcla tipo "E".

Al ejecutar esta mezcla en el Dispensador obtuvimos un slump de 3 ½", que la podríamos comparar con la mezcla tipo "B" realizada en la mezcladora y que también nos dio un slump de 3 ½", pero con una significativa diferencia de cemento.

Tabla 7.1: Cantidad de Cemento utilizado, según la tecnología usada

W/C	Mezcladora		Dispensador		
	Slump				
	2"	3 ½"	2"	3 ½"	
			7 ½"	8"	3 ½"
	A	B	C = A	D = B	E
0.57	352	369	352	369	354
0.49	428	442	428	442	394
0.41	526	555	526	555	490

De esta tabla se deriva la tabla 7.2, donde muestra el ahorro de cemento para obtener una mezcla de asentamiento 3 ½" al utilizar cada una de las unidades de despacho de concreto.

Tabla 7.2: Ahorro de cemento, según la tecnología usada

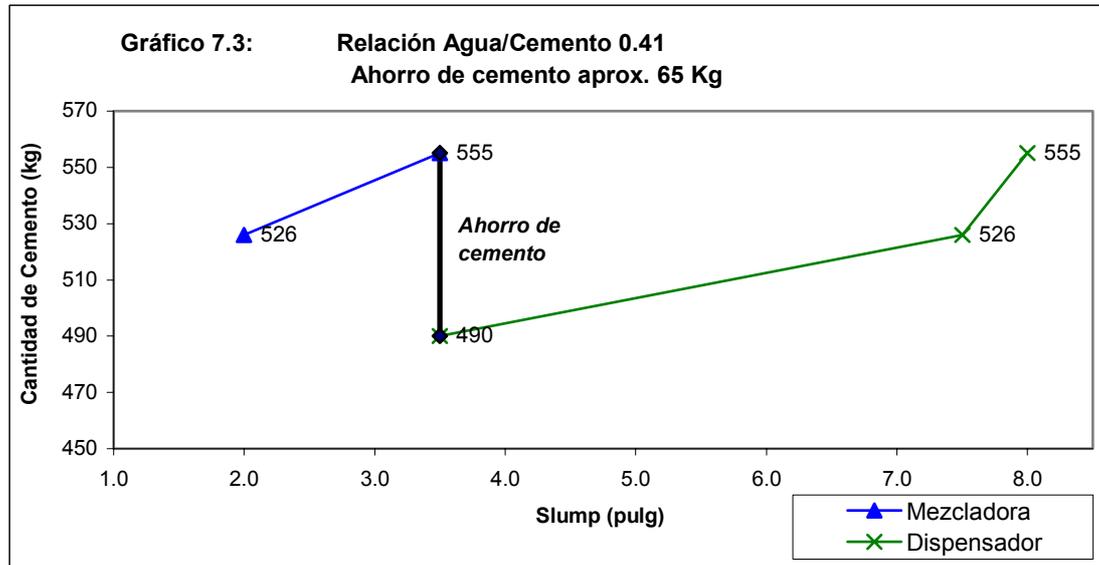
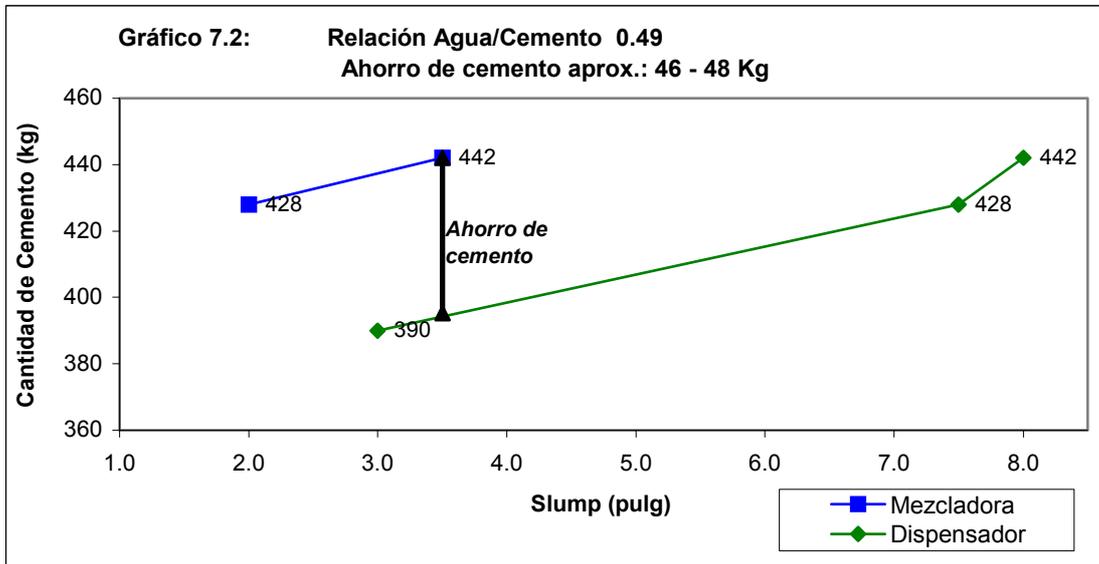
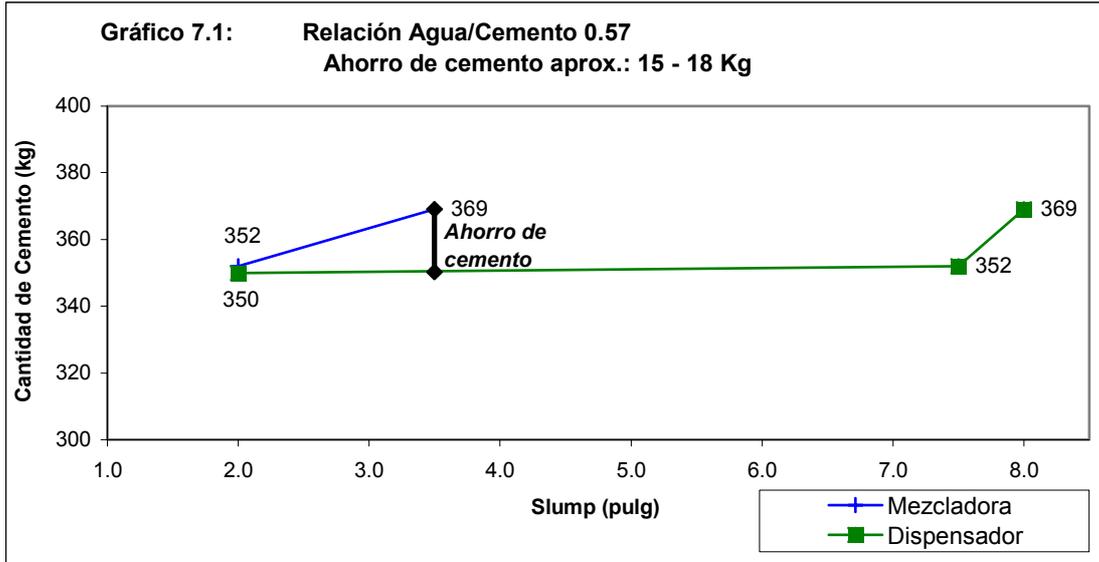
W/C	Mezcladora	Dispensador	Ahorro de cemento (kg)
	Slump = 3 ½"	Slump = 3 ½"	
0.57	369	354	15
0.49	442	394	48
0.41	555	490	No aplicable

De las tablas 7.1 y 7.2 se construyen las siguientes gráficas:

- En la Gráfica 7.1 podemos observar que para un slump de 3 ½”, la mezcladora utiliza 369 kg de cemento; y el Dispensador para obtener el mismo slump utiliza 354 kg, esto nos da un ahorro aproximado de 15 kg por m³, que representa 0.35 bolsa de cemento.
- En la Gráfica 7.2 podemos observar que para un slump de 3 1/2” la mezcladora utiliza 442 kg de cemento; y el Dispensador para obtener el mismo slump utiliza 394 kg, esto nos da un ahorro aproximado de 48 kg por m³, que representa 1.12 bolsa de cemento.
- En la Gráfica 7.3 podemos observar que para un slump de 3 1/2” la mezcladora utiliza 555 kg de cemento; y el Dispensador para obtener el mismo slump utiliza 497 kg, esto nos da un ahorro aproximado de 65 kg por m³, que representa 1.52 bolsa de cemento.

Pero este ahorro no puede tomarse en cuenta, ya que en la muestra realizada se ha obtenido una disminución de resistencia a la compresión y por contar con pocos datos no se puede afirmar lo sucedido, pero se toma como hipótesis la causa mencionada anteriormente. Finalmente este es un tema que amerita mayor investigación.

Al observar estas gráficas decimos que este ahorro es aproximado ya que se tendría que hacer mucho más ensayos para afirmar la cantidad exacta que se ahorraría dependiendo de la relación agua/cemento, pero si nos da una gran idea de cómo es la tendencia del ahorro del cemento respecto a la relación agua/cemento.



7.2 Análisis de Costos de los materiales empleados según la tecnología de despacho utilizada

Con los gráficos anteriores podemos observar que con el Dispensador se puede ahorrar cemento según la relación agua/cemento.

Posteriormente se cuantifico este ahorro, para esto se averiguo los costos de cada material empleado para elaborar el concreto, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 7.3: Costo Unitario de los Materiales por m³

Material	Procedencia	Und	Precio Unit. (s/.)
Cemento		kg	0.35
Agregado Fino	Chulucanas	M ³	25
Agregado Grueso	Vice	M ³	25
Agua		M ³	6

Para determinar el costo por metro cúbico del concreto, se tiene que convertir el costo unitario de los materiales a “Kilos”, para esto se utiliza el peso unitario suelto de los materiales, pues los volúmenes que se adquieren en las canteras vienen en estado suelto. Para el caso del agregado grueso se considera de forma aproximada el mismo procedimiento, aunque sabemos que el Over de Vice pasa por un proceso de chancado. Luego tenemos:

Peso Unitario Suelto del Agregado Fino: 1442 kg/m³
 Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso: 1435 kg/m³

Con los datos anteriores obtenemos:

Tabla 7.4: Costo Unitario de los Materiales por Kilos

Material	Procedencia	Und	Precio Unit. (s/.)
Cemento		kg	0.350
Agregado Fino	Chulucanas	Kg	0.017
Agregado Grueso	Vice	Kg	0.017
Agua		lts	0.006

Finalmente se realiza el análisis de costos del concreto por metro cúbico, los resultados se muestran en las tablas 7.5, 7.6 y 7.7 para las relaciones agua/cemento de 0.57, 0.49 y 0.41 respectivamente. Además se debe mencionar que los costos mostrados en estas tablas son de Planta más no son precios de venta, ya que posteriormente se incrementa una ganancia en el momento de venta de concreto.

Cabe mencionar que la cantidad exacta que se ahorra de cemento por metro cúbico según la relación agua/cemento, no se precisa, ya que los resultados evaluados son experimentales más no es resultado de un estudio estadístico, pero si nos dan una muy buena tendencia.

Tabla 7.5: Diferencia de costos para un concreto de slump 3” a 4” en Ambas Tecnologías - Relación Agua/Cemento 0.57

Material	Und	Cantidades		PU	Costo (s/.)	
		Mezcladora	Dispensador		Mezcladora	Dispensador
Cemento	kg	369	354	0.350	129.15	123.90
Arena	kg	770.48	785.98	0.017	13.36	13.63
Piedra	kg	961.41	980.74	0.017	16.75	17.09
Agua	lts	220.51	212.17	0.006	1.32	1.27
DIFERENCIA DE COSTOS (S/.)					160.58	155.89
					4.69	

Tabla 7.6: Diferencia de costos para un concreto de slump 3” a 4” en Ambas Tecnologías - Relación Agua/Cemento 0.49

Material	Und	Cantidades		PU	Costo (s/.)	
		Mezcladora	Dispensador		Mezcladora	Dispensador
Cemento	kg	442	394	0.350	154.70	137.90
Arena	kg	735.99	781.14	0.017	12.76	13.54
Piedra	kg	918.37	974.70	0.017	16.00	16.98
Agua	lts	226.31	203.39	0.006	1.36	1.22
DIFERENCIA DE COSTOS (S/.)					184.82	169.64
					15.17	

No se ha considerado la comparación de costos para el caso de la relación agua/cemento de 0.41, ya que como se ha venido mencionando anteriormente son concretos con diferentes resistencias a la compresión.

En las tablas 7.5 y 7.6 se ha realizado un análisis comparativo entre las dos tecnologías de despacho de concreto, es decir se ha efectuado un análisis de costos para concretos mezclados en ambas unidades y así obtener concretos trabajables entre 3” y 4”.

Los resultados obtenidos son a manera sólo referencial que al usar el Dispensador comparado con el Mixer nos significa un ahorro de:

En la tabla 7.5 Ahorro aproximado de s/. 4.69 por m³
 En la tabla 7.6 Ahorro aproximado de s/. 15.17 por m³

Nos damos cuenta que a medida que la relación agua/cemento disminuía implicaba un ahorro de cemento mayor por lo tanto el costo por metro cúbico de concreto disminuye. Cabe señalar que se presume que existe un límite de relación agua/cemento en que ya no se cumple este hecho.

Para hallar este límite implica realizar una mayor investigación.

Luego se puede pensar evidentemente en ventajas económicas al usar el Dispensador, pero siempre teniendo en cuenta que es una unidad con mayor

desviación estándar comparada con el Mixer, ya que es un equipo de medición volumétrica. Pero como se ha mencionado anteriormente basada en una dosificación peso.

CAPITULO VIII

POSIBLES CAUSAS DEL PORQUE LA DIFERENCIA DE SLUMP ENTRE LAS DOS TECNOLOGÍAS

A lo largo de todo este estudio se ha mencionado que en el Dispensador se obtiene 2.5 A 3 veces más slump que en el Mixer, obteniendo para el caso del Dispensador mezclas no trabajables en obra, que nos obliga a disminuir la cantidad de agua. Es decir para ser más claros, el Dispensador no utiliza gran parte de agua de la mezcla que es utilizada por el Mixer por diferentes razones.

Estas razones son las que vamos a mencionar a manera de hipótesis, pero habría que estudiarlas y realizar ensayos para verificarlas y cuantificarlas. Esto podría ser materia de otro tema de investigación:

A continuación se presentan las posibles causas:

8.1 Primera Causa : Pérdida de agua por el ambiente

Se escogió una mezcla de concreto de las utilizadas en este tema de investigación ($w/c = 0.57$, slump = 3" a 4" en mezcladora), para lo cual sabemos que el diseño fue el siguiente:

Cemento	= 3.69 kg
Agua	= 220.51 lts
Ag. fino	= 770.48 kg
Ag. Grueso	= 961.41 kg

$$\text{Teniendo } PU_{\text{concreto}} = 2321.4 \text{ kg/m}^3$$

Se realizó el diseño de la mencionada mezcla para finalmente ir viendo la pérdida de agua de la mezcla en el tiempo.

Se tomó cada medida cada 10 minutos y en cada una de ellas se pesó la mezcla y se tomó la temperatura obteniéndose los siguientes datos:

Hora	Peso del concreto (kg)	Diferencia Parcial (kg)	Diferencia Acumulada (kg)	Porcentaje de pérdida (%)	Temperatura (°C)
12.15 p.m.	39.315				35
12.25 p.m.	39.285	0.030	0.03	0.08	35
12.35 p.m.	39.250	0.035	0.065	0.17	31
12.45 p.m.	39.235	0.015	0.08	0.20	30
12.55 p.m.	39.22	0.015	0.095	0.24	30
1.05 p.m.	39.205	0.015	0.11	0.28	30
1.15 p.m.	39.185	0.020	0.13	0.33	30

$$\text{* Porcentaje de agua: } (39.315 \text{ kg} / 2321.4 \text{ kg/m}^3) * 220.51 \text{ lts} = 3.73\%$$

De los resultados obtenidos nos damos cuenta que el concreto pierde 0.33% del peso total de la mezcla ó 3.73 % de agua.

8.2 Segunda Causa: Por absorción de los agregados

Para el caso del Dispensador, los agregados no tienen tiempo de absorber agua ya que la mezcla se realiza sólo en segundos y posteriormente está colocada en su respectivo lugar en la obra.

8.3 Tercera Causa: Otros

Una de las otras causas puede ser por efecto de la temperatura e hidratación del cemento. El porcentaje de esta pérdida no se ha llegado a cuantificar aún. Esto podría constituir otro tema de investigación.

A continuación, se muestran las tablas 8.1, 8.2 y 8.3, la diferencia de cantidad de agua (litros) utilizada en las dos tecnologías de despacho de concreto (Dispensador y Mixer). Asimismo se muestra las probables causas sobre dicha diferencia. Es decir se reitera lo dicho anteriormente, pero vale aclarar que esto es a manera referencial, más no un dato exacto, ya que la diferencia de agua a usar entre el Mixer y el Dispensador depende mucho de la humedad y absorción de los agregados en el momento del diseño de la mezcla de concreto y de otras causas antes mencionada.

Siendo un tema de investigación muy amplio, me permito sugerir ahondar en las causas que originan estas diferencias para posteriormente cuantificarlas, ya que es fundamental llegar a soluciones estudiadas y comprobadas con anterioridad, que soluciones realizadas por simple hábito.

Tabla 8.1: Diferencia de Cant. Agua en Ambas Tecnologías – Relación W/C = 0.57

Materiales	Und	Cantidades	
		Mezcladora	Dispensador
Cemento	kg	369	354
Arena	kg	770.48	785.98
Piedra	kg	961.41	980.74
Agua	lts	220.51	212.17
PU concreto (kg/m ³)		2321.4	2332.89

Diferencia de Agua: 8.34 lts.

Causas: - Pérdida por Ambiente: 7.66 lts. (0.33% peso del °C)
 - Corrección por Humedad: 10.18 lts.
 - Otros: - 9.50 lts.

Tabla 8.2: Diferencia de Cant. Agua en Ambas Tecnologías – Relación W/C = 0.49

Materiales	Und	Cantidades	
		Mezcladora	Dispensador
Cemento	kg	442	394
Arena	kg	735.99	781.14
Piedra	kg	918.37	974.70
Agua	lts	226.31	203.39
PU concreto (kg/m ³)		2322.67	2353.23

Diferencia de Agua: **22.92 lts.**

Causas: - Pérdida por Ambiente: 7.66 lts. (0.33 % peso del °C)
 - Corrección por Humedad: 9.73 lts.
 - Otros: 5.53 lts.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- La más 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 de despacho 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, la tecnología, ni el slump.
- Para el caso de relaciones agua/cemento bajas no se puede afirmar que se obtiene las mismas resistencias a la compresión al tratarse de una misma relación agua/cemento. Luego se mencionada a manera de hipótesis que en el Dispensador existe una reducción de resistencia a la compresión al tratar de buscar mezclas trabajables y conservar la misma relación agua/cemento. Al conservar la misma relación W/C, se disminuyo agua y por ende cemento; y esta disminución de cemento al ser muy grande, en este concreto ya no prima la relación W/C, sino mas bien prima la reducción de cemento; luego se encuentra una mezcla que le falta material cementante y esto se ve reflejado en la disminución de la resistencia.

Pero para el caso de estas relaciones agua/cemento si se puede afirmar que se encuentra resistencias a la compresión muy parecidas entre si cuando se trata de mezclas plásticas y secas diseñadas para la mezcladora y elaboradas en ambas tecnologías. Cabe mencionar que las mezclas plásticas y secas diseñadas para la mezcladora y elaboradas en el Dispensador, no son mezclas trabajables y no se pueden usar en el medio.

- En diseños de mezclas de concreto elaboradas por ambas tecnologías, en el Dispensador obtenemos un slump 2.5 a 3 veces mayor que en el Mixer.
- Por lo dicho en el punto anterior y para mantener la misma relación agua/cemento y disminuir el slump, debemos ir disminuyendo la cantidad de agua y por ende la cantidad de cemento y esto causa disminución en el costo del concreto por metro cúbico. Este ahorro solamente esta comprobado para relaciones agua/cemento altas.

- El Dispensador, por lo tanto, significa un ahorro de cemento, pero el costo real de ahorro se tendría que hallar con un análisis estadístico, ya que este estudio es sólo referencial y además depende del Factor de seguridad usado en cada diseño de concreto que tiene que ser mayor comparado al Mixer, ya que el Dispensador es un equipo de medición volumétrica. Pero de todas maneras la línea de tendencia si es correcta, es decir a medida que la relación agua/cemento disminuya (hasta un límite) el ahorro aumenta y la diferencia de agua entre las dos tecnologías también aumenta (ver capítulo 8).
- 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.
- Tanto el Mixer como el Dispensador, ambas unidades de despacho tienen sus ventajas y desventajas según el tipo de obra y el tipo de concreto, pero en todos los casos en que se despacha con Dispensador se logra economía. De allí se sugiere a Bloques Piura (Planta de Cementos Pacasmayo S.A.A.) que al usar el Dispensador en obra disminuya ligeramente el costo por metro cúbico de concreto a los clientes.
- En el Dispensador es muy difícil trabajar mezclas con mucho asentamiento ya que la mezcla es muy propensa a segregarse, en estos casos se prefiere usar el Mixer. Sólo se podría usar el Dispensador con asentamientos altos, si se usa algún aditivo para plastificar la mezcla.
- Con la base de datos existentes se construyó las líneas de tendencia entre el f'_c y la relación agua/cemento respecto a cada unidad de despacho de concreto. Pero esta fórmula es referencial y se puede ir afinando a medida que se incremente la base de datos, ya sea para el caso del Mixer o del Dispensador.
- El asentamiento y la tecnología de despacho de concreto no son relevantes para determinar la resistencia a la compresión, cuando se trate de una misma relación agua/cemento y éstas son altas. Como hemos podido observar a lo largo de este informe cuando se trabaje con relaciones agua/cemento iguales y altas, sin importar la tecnología de despacho de concreto ni el slump; las resistencias a la compresión son muy aproximadas.
- No solamente a partir de la resistencia a la compresión se busca la relación agua/cemento a usar, sino también hay que evaluar los criterios de durabilidad según el tipo de obra.
- Para finalizar se debe decir que hay algunos datos que sólo se deben tomar de manera referencial (indicados en el texto), si bien es cierto estos no nos dan una seguridad al 100%, pero si una buena aproximación de la relación que existe entre las dos tecnologías.

9.2 Recomendaciones

- Es muy importante no exceder una semana desde el momento en que el Dispensador fue calibrado, transcurrido este tiempo habrá que calibrarlo nuevamente antes de salir a una obra. Esto es muy necesario, ya que la tecnología del Dispensador es más compleja, y por ende necesita una calibración periódica. Asimismo, es importante poner mucho énfasis en la verificación del cemento y el flujómetro ya que éstos son los factores más importantes que afectan la resistencia del concreto.
- Es necesario poner mucho énfasis en la calibración del cemento ya que de éste depende un buen diseño de concreto.
- Al igual que en el Dispensador la calibración de éste es un factor muy importante. Lo mismo ocurre, pero con menos importancia, con el Mixer respecto a las velocidades, éstas se tienen que revisar quincenalmente para ver si cumplen con lo mencionado en el apartado 2.1.1.2.
- Al diseñar una mezcla de concreto se sugiere los pasos mostrados en el apartado 6.4 y respecto al factor de seguridad, debe ser estudiado según el tipo de obra y según la empresa constructora.
- Sería bueno que la Universidad de Piura enseñe el estudio de más de un método de diseño de concreto y así poder lograr en los alumnos un mayor conocimiento y la capacidad de poder elegir el método adecuado a usar, según los materiales de la zona, el tipo de obra y las características de concreto requeridas. Lo interesante del concreto, es que es un tema que siempre tiene que estar siendo estudiado, ya que cada día existen nuevas cosas por analizar para mejorar su comportamiento. Como referencia la Planta Bloques Piura (Cementos Pacasmayo S.A.A.) utiliza en sus diseños el método DIN para el concreto elaborado en Poechos y el método de Pesos Unitarios Compactados en sus mezclas de concreto en Piura.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS

- Cement Tech: Leaders in volumetric Proportioning and Continuous Mixing Systems
- Guide for the Use of Volumetric – Measuring and Continuous – Mixing Concrete Equipment (Reapproved 1997)
- JOO HERRAN, Gonzalo Alberto: Comportamiento del concreto con el aditivo plastificante-reductor de agua y retardante de fragua EUCO WR51. Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil. Piura. Perú. 2003.
- PASQUEL CARBAJAL, Enrique: Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Primera Edición. 1993. Libro 7 de la Colección del Ingeniero Civil
- RIVVA LOPEZ, Enrique: Naturaleza y Materiales del Concreto. ACI Capítulo Peruano del American Concrete Institute. Primera Edición. Diciembre 2000.
- RIVVA LOPEZ., Enrique; HARMAN I., Juan; PASQUEL C., Enrique; BADOINO M., Dante; ROMERO U., Alfredo: Tecnología del Concreto. I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcción. 4 y 5 de diciembre 1998.
- Normas ASTM. Designation C685/C 685M – 0: Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous Mixing.
- Norma ACI 318-99 y Comentarios
- Normas Peruanas de Estructuras

INFORMES

- ACI 212.2-98: Reported by ACI Committee 211: “standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete”.
- BIONDI, Ana: Curso Básico de Concreto. Año 2001
- BIONDI, Ana: Ejemplo de Evaluación de Concreto en la Central Hidroeléctrica de Poechos.
- VASQUEZ, Rosaura: Curso de Cemento – Adiciones Minerales. Cementos Pacasmayo. Año 2002