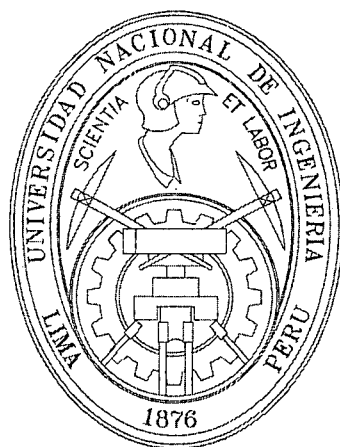


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**Estudio de las Propiedades Físicas del Concreto
Pesado con Agregado Grueso de Baritina y
Cemento Pórtland Tipo I**

TESIS

Para optar el Título Profesional de :
INGENIERO CIVIL

Luis Alberto Napa Mendoza

Lima - Perú

Digitalizado por:

2002

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA

A mi amigo y Padre:

El Sr. Felix Napa Marcos por haberme inculcado siempre que el trabajo dignifica al hombre y que ser un profesional con mucha razón.

A mi amiga y Madre:

La Sra. María E. Mendoza Ramos la persona mas linda que Dios me dio como Madre, no he conocido a una persona tan maravillosa, trabajadora, humilde, que da todo por los demás sin esperar nada a cambio.

A mis Hermanos:

Jessica Ruby Napa Mendoza

María E. Napa Mendoza

Graciela Napa Mendoza

Juan Napa Mendoza

Pedro Napa Mendoza

Felix C. Napa Mendoza

A quienes en cualquier dificultad ellos están presto a ayudarme.

A mis dos tesoros:

Anthonella Suset Napa F.

Miluska Grecia Napa F.

Que son la luz de mis ojos, el sol que me ilumina, el aire que respiro y la paz a mis preocupaciones.

A mi sobrina: Q.E.D.

Juana María Napa Barrios

AGRADECIMIENTO

Muchas veces se cree que realizar una investigación en Ingeniería son cálculos matemáticos y números fríos y solitario por cuanto figura el nombre del Tesista como única persona identificada con este tema. Esto no es así esta investigación es el resultado, de la visión y esfuerzo de muchas personas, algunas de las cuales nunca recibirán el reconocimiento, pero los nombres de las personas que no aparecen saben que en mi corazón y mente siempre lo estarán porque en los momentos más difíciles estuvieron conmigo con su palabra de aliento, haciendo que los malos ratos y preocupaciones los deje de lado y culmine este trabajo.

Agradezco a muchas personas e instituciones que hicieron posible la culminación de esta investigación como al Ing. Carlos Barzola Gastelu y al Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil así mismo como a la Cía. Halliburton S.A, por facilitarme el agregado grueso de baritina a precio muy por debajo del mercado, igualmente al Ing. Javier Fuentes por proporcionarme la arena de la planta chancadora la Gloria Grande; de igual modo quiero agradecer a la Familia Tolmos, Jorge Tolmos, Eduardo Tolmos, Ricardo Tolmos, Andrés Tolmos por haberme permitido trabajar con ellos por 7 años consecutivos y siempre alentarme a culminar mi carrera, a su compañía TyT S.A. Contratistas Generales.

A mi Familia en general por hacer suya y formar parte de sus vidas este trabajo de investigación.

Quiero finalizar diciendo que “Habrá muchos Ingenieros que ejercerán la carrera, por devoción o por obligación pero no como los de la UNI-FIC que lo hacemos por convicción y amor a la profesión”.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A MI AMOR

GUISELA ROCIO CHILCHO IPARRAGUIRRE

La mujer que cambio toda mi vida en los momentos más difíciles que le toca pasar a un hombre; la mujer que con su ternura, alegría, picardía, gracia y amor hacia mi, hizo posible que hoy culmine esta tesis, gracias tesoro por hacer de mí un nuevo hombre, en permitirme creer que todavía existe gente que puede irradiar amor hacia los demás y hacer de este mundo más alegre, mundo que no viva sólo pensando en hacer dinero y destruirse unos a otros y deja lo más importante que Dios nos dio el don de Amar y ser Amado. Toda mi vida no alcanzaría para devolverte lo que has hecho por mi. Esta tesis es en parte obra tuya, muchas gracias.

INDICE

Sumario	12
Introducción	14
CAPÍTULO I: FUENTES Y CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA ATÓMICA	19
1.1 Breve Historia	19
1.1.1 Estructura Básica Atómica y Nuclear	19
1.1.1.1 Átomos y Núcleos	19
1.1.1.2 Elementos	20
1.1.1.3 Notación	21
1.1.1.4 Nomenclatura y Relaciones entre Átomos	22
1.2 Aprovechamiento Pacífico de la Energía Atómica	26
1.2.1 Radiación Alfa	26
1.2.2 Radiación Beta	27
1.2.3 Radiación Gamma y Radiación X	27
1.2.4 El Neutrón	28
1.3 Las Radiaciones Atómicas y su Peligrosidad	30
1.4 Protección Contra las Radiaciones	30
1.4.1 Principios de Protección Radiológica	30
1.4.1.1 Magnitudes y Unidades	31
1.4.1.2 Factores de Ponderación Tisular y Dosis	33
1.4.1.3 Dosis Equivalente Colectiva y Dosis Efectiva Colectiva	34
1.4.1.4 Principios de Protección Radiológica	34

1.4.1.5 Justificación	35
1.4.1.6 Optimización	36
1.4.1.7 Límites de Dosis	37
1.4.2 Protección Radiológica en Radiodiagnóstico	39
1.4.2.1 Requisitos de Protección en Equipos de Rayos X	39
1.4.2.2 Factores y Dispositivos que Afectan y Restringen el Haz	40
1.4.2.3 Control de la Radiación Dispersa	43
1.5 Rayos X	44
1.5.1 Mecanismos de Producción de Rayos X	44
1.6 Reglamentación y Normativa en Radiodiagnóstico	47
CAPITULO II : DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	63
2.1 Introducción	63
2.2 Cemento Portland tipo I	63
2.2.1 Definición	63
2.2.2 Proceso de Fabricación	63
2.2.3 Clasificación del Cemento Pórtland	64
2.2.4 Principales Propiedades Físicas	64
2.2.4.1 Peso Específico	64
2.2.4.2 Superficie Específica	65
2.2.4.3 Consistencia Normal	66
2.2.4.4 Expansión Autoclave	66
2.2.4.5 Tiempo de Fraguado	66
2.2.4.6 Resistencia a la Compresión	67
2.2.5 Principales Propiedades Químicas	68

2.2.5.1 Componentes Principales	68
2.2.5.2 Componentes Secundarios	68
2.2.5.3 Compuestos Principales	69
2.2.5.4 Componentes Secundarios	69
2.3 Agregado Fino	70
2.3.1 Propiedades Físicas	71
2.3.1.1 Peso Unitario	71
2.3.1.2 Peso Específico	72
2.3.1.3 Granulometría	72
2.3.1.4 Módulo de Finura	73
2.3.1.5 Porcentaje de Absorción	74
2.3.1.6 Contenido de Humedad	74
2.4 Agregado Grueso de Baritina	74
2.4.1 Propiedades Físicas	74
2.4.1.1 Peso Unitario	75
2.4.1.2 Peso Específico	75
2.4.1.3 Granulometría	76
2.4.1.4 Tamaño Máximo	76
2.4.1.5 Tamaño Máximo Nominal	76
2.4.1.6 Módulo de Finura	77
2.4.1.7 Porcentaje de Absorción	77
2.4.1.8 Contenido de Humedad	77
2.5 Agregado Global	78
2.5.1 Definición	78

2.5.2 Determinación del Máximo Peso Unitario Compactado del Agregado Global	79
2.5.3 Determinación de la Granulometría del Agregado Global para A/B=45/55	81
2.6 El Agua de Diseño en el Concreto	82
2.6.1 Agua de Mezcla	82
2.6.2 Importancia del Contenido de Agua	81
2.6.3 Principales Funciones del Agua en la Mezcla	83
2.6.4 Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado del Concreto	83
CAPITULO III : DISEÑO DE MEZCLA	85
3.1 Introducción	85
3.2 Método de Diseño	85
3.3 Criterios Básicos	86
3.4 Diseño de Mezclas para Concreto en Estudio	86
3.5 Procedimiento de Diseño	87
3.6 Pasos Seguidos para el Diseño de Prueba	87
3.7 Diseño de Mezcla	91
CAPITULO IV : PROPIEDADES DEL CONCRETO CON BARITINA AL ESTADO FRESCO	114
4.1 Introducción	114
4.2 Consistencia	114
4.2.1 Procedimiento	115
4.3 Peso Unitario	115
4.3.1 Procedimiento	116

4.4 Contenido de Aire	116
4.4.1 Procedimiento	117
4.5 Ensayo de Fluidéz	118
4.5.1 Procedimiento	118
4.6 Ensayo de Exudación	119
4.6.1 Procedimiento	119
4.7 Tiempo de Fraguado	120
4.7.1 Procedimiento	120
CAPITULO V : PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO	
ENDURECIDO	122
5.1 Introducción	122
5.2 Ensayos en el Concreto al Estado Endurecido	122
5.2.1 Resistencia a la Compresión	123
5.2.2 Resistencia a la Tracción	124
5.2.3 Módulo Elástico Estático	125
CAPITULO VI : CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS	
6.1 Introducción	127
6.2 Resultados de Ensayos del Concreto en Estado Fresco	127
6.3 Resultados de Ensayos del Concreto en Estado Endurecido	127
6.3.1 Resistencia a la Compresión	128
6.3.2 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral	128
6.3.3 Módulo Elástico Estático	128
CAPITULO VII : ANÁLISIS DE RESULTADOS	
7.1 Introducción	164

7.2 Análisis de Resultados	164
7.2.1 De los Materiales Empleados	164
7.2.1.1 Cemento	164
7.2.1.2 Agregado Fino	165
7.2.1.3 Agregado Grueso de Baritina	166
7.2.1.4 Agregado Global	167
7.2.1.5 De los Diseños de Mezcla	167
7.2.1.6 De los Ensayos del Concreto en Estado Fresco	168
7.2.1.7 De los Ensayos del Concreto en Estado Endurecido	168
CAPITULO VIII : ANÁLISIS DE COSTO	178
8.1 Introducción	178
8.2 Análisis de Costos	178
CAPITULO IX : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	180
9.1 Generalidades	180
9.2 Conclusiones	182
CAPITULO X : ANEXOS Y PANEL FOTOGRAFICO	189
Anexo I	190
- Propiedades Físicas de los Agregados.	191
- Agregado Global.	209
- Determinación del Máximo Peso Unitario Compactado del Agregado Global.	210
Anexo II	219
- Ensayo del Concreto Pesado con Agregado Grueso de Baritina al Estado Fresco.	220

- Ensayo del Concreto Pesado con Agregado Grueso de Baritina al Estado Endurecido	245
PANEL FOTOGRAFICO	276
BIBLIOGRAFÍA	283

SUMARIO

En la presente Tesis se ha realizado el diseño de mezclas de concreto para relaciones $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 , este tema de investigación tiene por objeto el estudio de las propiedades del concreto pesado, para lo cual se ha empleado los siguiente materiales:

- Arena gruesa de la Cantera Gloria Grande.
- Agregado grueso de Baritina proveniente de la Cantera Cocachacra ubicado en el Km. 45+00 de la Carretera Central, agua potable y cemento Pórtland tipo I “Sol” (concreto en estudio).

Los resultados se han comparado con un concreto normal, diseñado para las mismas relaciones a/c antes mencionadas y empleando los siguientes materiales:

- Arena gruesa de la misma cantera.
- Piedra de $\frac{1}{2}$ ” de la Cantera Gloria Grande.
- Agua potable y cemento Pórtland tipo I “Sol” (concreto patrón).

Se realizaron ensayos del concreto en estado fresco y endurecido; para el concreto patrón y concreto en estudio.

Los ensayos del concreto en estado fresco realizados son: Asentamiento, peso unitario, fluidez, contenido de aire, exudación y tiempo de fraguado.

En estado endurecido se realizaron los siguientes ensayos:

- Ensayo de resistencia a la compresión (7, 14 y 28 días).
- Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral (28 días); y
- Ensayo de módulo elástico estático (28 días).

Se ha obtenido como resultado que para el concreto patrón y concreto en estudio en los ensayos en estado fresco se tienen valores similares, pero el TFF (Tiempo de Fragua Final) del concreto pesado es menor en 2h en promedio con respecto al concreto patrón.

Para el estado endurecido los resultados obtenidos son similares; sin embargo se ha observado que durante el ensayo de rotura de probetas estos colapsan en forma explosiva no ocurriendo esta con el concreto patrón.

El alcance de la presente investigación es haber obtenido concreto pesado de calidad tanto al estado fresco como al estado endurecido, garantizando su facilidad en la fabricación y colocación, la que nos permitirá usarlo en las diversas obras de ingeniería que requieran este tipo de concreto pesado orientado hacia las construcciones de Centros Nucleares, Salas de Rayos X, Tomografía, Mamografía, Radiografía Dentales, etc.

La importancia del presente trabajo de investigación se orienta hacia el uso de la baritina (sulfato de bario) como una de las soluciones para la fabricación de concretos densos, principalmente a que en nuestro país existe ese mineral la cual se recurrirá según la necesidad.

INTRODUCCION

Las diversas obras de Ingeniería Civil emplean mezclas de concreto la cual deberán cumplir con todas las normas técnicas tanto al estado fresco como al estado endurecido.

Pero cuando en sectores industriales existe la generación en gran escala de radiaciones de alto poder de penetración y materiales radiactivos como en el caso de reactores nucleares, aceleradores de partículas, radiografía industrial, terapia de rayos X y gamma obliga a los ingenieros investigar las propiedades de nuevos materiales como el llamado concreto pesado que sirvan para la protección del personal que operan estos dispositivos.

Reducir la intensidad de las radiaciones, es relativamente simple.

Así cualquier material servirá para propósitos de protección, si es usado en espesor suficiente; sin embargo el uso de materiales que requieren excesivos espesores, pueden no resultar una solución económica.

El agua es otro elemento de gran protección contra neutrones, pero requiere excesivos espesores para proteger contra rayos gamma, además de los tanques que se usarían, serían relativamente frágiles y estarían sujetos a derrames o pérdidas y requerirían un constante mantenimiento.

El plomo es un elemento muy efectivo contra radiaciones gamma, pero carecen de resistencia mecánica para grandes y permanentes estructuras de protección.

Ambos materiales el agua y el plomo son por consiguiente, poco frecuentes en instalaciones de protección de magnitud considerable ya que son antieconómicos y mecánicamente inadecuados.

Finalmente y afortunadamente, el concreto es un excelente material de protección de radiación para instalaciones grandes y permanentes.

El concreto pesado (peso volumétrico aprox. 3400 Kg/m^3), posee suficiente resistencia mecánica, necesita poco o ningún mantenimiento y es de costo razonable.

Mientras que el concreto con agregado normal (peso volumétrico $\approx 2400 \text{ Kg/m}^3$), en suficiente espesor ofrece protección satisfactoria, el concreto pesado con agregado grueso de baritina, con un costo lógicamente mayor, es usualmente preferible debido a sus menores requerimientos de espesores.

El descubrimiento de la energía nuclear ha hecho que el hombre concentre la atención en ella como un nuevo medio para que el progreso no se detenga y las necesidades futuras de la humanidad sean satisfechas. El adelanto que los hombres de ciencia han logrado en la producción y manejo de esta energía de insospechados alcances, están permitiendo su aplicación en los distintos campos de la tecnología, biología, medicina, agricultura, etc.

Sin embargo un gran número de inconvenientes se presentan en el manejo de dicha energía, por cuanto conlleva a correr serios peligros para los seres vivos por la presencia de ciertas radiaciones altamente perjudiciales, producto de los fenómenos de desintegración atómica, de los cuales los más dañinos para la especie humana son las radiaciones gamma, por su gran poder de penetración y porque su acción se manifiesta a distancias relativamente grandes.

En virtud de esto el hombre se ha visto obligado a buscar la manera de protegerse de estas radiaciones, cuyos efectos pueden afectar directamente a las personas que laboran en centros nucleares y que manipulan aparatos radiactivos como equipos

de rayos X, equipos de fluoroscopia, tomografía, equipos de mamografías, equipos de radiografía dentales como: radiografías con película intraoral, radiografías panorámicas con tubos intraoral y las pantomografías.

Muchos son los materiales usados, siendo los mas adecuados aquellos que presenten alta densidad, precios razonables, estabilidad, resistencia mecánica, resistencia química y resistencia a la acción de las radiaciones. El material mas empleado por sus excelentes cualidades es el concreto y diversos tipos de ellos han sido estudiados y empleados en la protección contra radiaciones.

Somos conscientes que las radiaciones gamma son las más peligrosas por su alto poder de penetración, por lo que se requerirán materiales de peso atómico elevado para aumentar la absorción de esta radiación por el concreto.

Si utilizamos agregados no convencionales como áridos de alta densidad como son la limonita, magnetita, baritina, trozos de hierro, etc., se conseguirá un concreto denso, con mayor capacidad absorbente de los rayos gamma que el concreto con agregado normal y como por naturaleza contiene elementos ligeros (bajo peso específico) como el agua constituyente de la mezcla, será además un buen absorbente de neutrones.

En nuestro país ya se hace uso de la energía nuclear y en virtud de los acuerdos internacionales celebrado actualmente, existe personal capacitándose en el extranjero en física nuclear. Por esto se nos hace indispensable a los ingenieros trabajar en la investigación de los diseños de concretos pesados protectores contra las radiaciones.

Para la producción del concreto pesado con agregado grueso de baritina, materia del presente trabajo de investigación, se utilizó baritina (3.61 de peso específico

de masa S.S.S), procedente de Cocachacra Km 45+000 Carretera Central y arena de Cantera La Gloria Grande 14+800 Carretera Central como agregado fino, los cuales proporcionan a la mezcla elementos pesados y livianos respectivamente.

Para efectos de comparación de las propiedades del concreto pesado elaborado, se preparó también, un concreto de peso normal con agregados de la Cantera Gloria Grande tanto la piedra chancada como la arena, agregados más usados en la ciudad de Lima; este concreto se dosificó de tal modo que cumpla con las mismas relaciones de agua/cemento $a/c=0.40, 0.45, 0.50$, asentamiento (3" - 4") y similar trabajabilidad..

El presente trabajo de investigación contempla el uso de la baritina (sulfato de bario) como una de las soluciones para la fabricación de concretos densos, debido fundamentalmente a que en nuestro país existe este mineral y en su momento se podrá recurrir a él, Distrito de San Felipe en el Departamento de Cajamarca, ubicada cerca de la Carretera que sigue al Oleoducto Norperuano, dicho Distrito esta cubierto por muchos denuncios mineros de baritina.

Como ocurre con los concretos con agregado normal, las propiedades de los concretos densos varían con las proporciones de mezcla; por ello se tratará de buscar las mejores dosificaciones de los agregados con que contamos, aquélla que proporcione una buena densidad, consistencia, peso unitario y asentamiento; moderada exudación; trabajabilidad y resistencia adecuados de manera tal lograr armonizar las propiedades estructurales del concreto pesado con las propiedades para la protección de la radiación, sin embargo no se debe descuidar la parte económica cuyo costo será elevado por el tipo de agregado no convencional a usar.

Para concluir espero que este trabajo de carácter general sea un primer esfuerzo que lleve a otros puntos específicos de este mismo tema, así como de posteriores investigaciones con nuevos tipos de agregados disponibles en el país y que despierte el interés de los jóvenes futuros profesionales, los cuales deben comprender que siendo nuestro país un país en desarrollo, solo será posible avanzar en el desarrollo y progreso cuando nos preocupemos de resolver nuestros problemas, para nuestras necesidades y para nuestra realidad aprovechando en lo posible las experiencias de las naciones mas avanzadas tecnológicamente, utilizando nuestra propia capacidad y los recursos muy variados y prodigiosa que nos ofrece nuestro país.

CAPITULO I

FUENTES Y CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGIA ATOMICA

1.1 BREVE HISTORIA

El tremendo poder que surge de la desintegración de la materia fue observado y constatado públicamente por el mundo al estallar la primera bomba atómica en Hiroshima el 6 de Agosto de 1945, que fue la evidencia palpable de la emergencia y control de energía descubierta por el hombre. Pero ¿de dónde surge?, ¿Cómo se obtiene?. Estas y otras interrogantes nos obligan hacer un breve análisis del átomo y de su estructura, pues es de él de donde se obtuvo la pavorosa fuerza que causó espanto y consternación en el Mundo. Sabemos que el átomo no es un todo indivisible como se creyó en la antigüedad, sino que está constituido por partículas, unas cargadas eléctricamente y otras sin carga eléctrica.

1.1.1 Estructura Básica Atómica y Nuclear

1.1.1.1 Átomos y Núcleos

El corpúsculo más sencillo en que la materia puede dividirse, conserva su identidad y propiedades, es el átomo. Puede considerarse que el átomo tiene dos partes principales. La primera es la parte central, denominada núcleo que contiene casi toda su masa. Describiendo órbitas alrededor del núcleo, a una gran

distancia (en escala nuclear) hay unas partículas muy pequeñas de peso insignificante y carga negativa denominadas electrones.

El núcleo del átomo está formado por un grupo fuertemente unido de partículas de dos tipos: protones y neutrones. Ambos tienen aproximadamente la misma masa pero difieren porque los protones tienen una carga positiva mientras que los neutrones no tienen carga.

El átomo más sencillo posible está formado por un sólo protón en el núcleo rodeado por un electrón. Las cargas del protón y del electrón se anulan mutuamente y por consiguiente, el átomo en su conjunto es neutro.

1.1.1.2 Elementos

El número de protones del núcleo determina que elemento es el átomo. Un átomo con un sólo protón únicamente es el elemento hidrógeno.

El número atómico no es más que el número de protones del núcleo. Es también el mismo que el número de electrones en un átomo neutro.

- Los electrones son muy pequeños, cargados negativamente y con un peso de solo 9.1×10^{-31} Kg, que giran orbitalmente alrededor del núcleo.
- El núcleo está constituido por los nucleones: neutrón y protón.
El protón es positivo y tiene una masa de 1.673×10^{-27} Kg.

El neutrón no tiene carga y tiene una masa de 1.675×10^{-27} Kg.

Debido a que las partículas atómicas son extremadamente pequeñas, sus masas se expresan en unidades de masa atómica (uma).

Una uma es igual a 1/12 de la masa del carbono-12 de este modo tenemos que :

1 electrón tiene 0.000549 uma

1 protón tiene 1,000728 uma

1 neutrón tiene 1,00867 uma

En estado normal, los átomos son eléctricamente neutros, es decir la carga eléctrica del átomo es cero. Si un átomo tiene un electrón extra adicional o tiene un electrón menos, se dice que esta ionizado.

1.1.1.3 Notación

Para facilitar la referencia a cada 15 ó topo se utiliza la siguiente convención:



Donde :

X : Es el símbolo del elemento.

A : Es la suma del número de protones y neutrones
(denominada número másico).

Z : Es el número de protones y se denomina número atómico.

1.1.1.4 Nomenclatura y Relaciones entre Átomos

Las propiedades químicas de un elemento son determinadas por el número y arreglo de los electrones alrededor del núcleo. El número de protones es llamado Número Atómico y es representado por Z .

El número de protones más el número de neutrones de un átomo se llama Número de masa y es simbolizado por A .

Para simbolizar átomos se emplea una notación corta que incorpora el símbolo químico con subnotaciones y supernotaciones.

Ejemplo: ${}^4_2\text{He}$

Los átomos guardan ciertas relaciones determinadas por la cantidad de nucleones en el núcleo y por la energía en este núcleo. Así tenemos a:

- Los isótopos que tienen el mismo número de protones, pero diferente número de masa.

Ejemplo:

Ba^{130} , Ba^{132} y el Ba^{134} son isótopos.

- Los isóbaros, que tienen diferente número de neutrones y diferente número de protones pero igual número de masa.

Ejemplo:

Xe^{131} , I^{131} son isóbaros.

- Los isótonos, que tienen diferente número de masa y diferente número de protones, pero igual número de neutrones. Ejemplo:

Xe^{131} , I^{130} , Cs^{132} son isótonos.

- Los isómeros, cuando tienen igual número de protones y neutrones e igual número de masa, pero se diferencian por los niveles de energía del núcleo. Ejemplo:

Tc^{99m} y el Tc^{99} son isómeros

Experiencias realizadas por Lord Rutherford descubrió que el átomo no es un elemento macizo, sino sumamente permeable, ya que podía ser atravesado por partículas, y además tiene condensada toda su masa en el núcleo y cual si es impermeable el paso de partículas con carga eléctrica positiva.

Rutherford descubrió que las sustancias radioactivas es decir aquellos que se desintegran espontáneamente, como el uranio, radio, son fuentes permanentes de energía, la que se produce por la transmutación de la materia durante la cual un átomo de dichas sustancias elimina de su seno partículas con carga eléctrica, transformándose en átomos de un elemento distinto. Así el radio al eliminar partículas alfa (átomos de helio que han perdido sus dos electrones) se transforman en un elemento gaseoso llamado radón, el que a su vez por sucesivas transmutaciones da lugar al radio A, radio B, radio C, radio D, radio E, radio F y por último al plomo.

Un gramo de radio produce el calor necesario para aumentar la temperatura de 1 cm³ de agua en 1°C en 10 horas es decir 0.1 caloria-hora.

Rutherford pensó que si por cualquier medio se lograba aumentar la velocidad de esta producción de energía se habría encontrado una

fuelle de insospechada utilidad; pero los medios mas poderosos de que disponía la ciencia en aquel entonces no eran los indicados para romper el átomo, lo que obligó a Rutherford a buscar una forma de hacerlo, lográndolo al lanzar sobre la materia partículas alfa emitidas por el radio como diminutos pero potentes proyectiles.

Su experimento consistió en bombardear con partículas alfa una lámina delgada de aluminio colocada dentro del radio de acción de dichas partículas (máximo 7 cm).

Se observó que algunas partículas atravesaban la lámina sin desviarse, algunas sufrían desviaciones de su curso normal en más de 90° y otros se reflejaban por encontrar obstáculo en su camino, apareciendo ciertos centellos en una pantalla fosforescente situada 40 cm por detrás de la lámina de aluminio. Así Rutherford había demostrado que se podía romper el átomo por cuanto esos centellos no podían deberse a las partículas alfa los cuales a lo más recorren 7 cm por lo tanto debían ser productos de desintegración de la materia, expulsados del núcleo del átomo del aluminio al recibir el impacto de las partículas alfa emitidas por el radio, se tenía así una herramienta para obligar a los átomos a entregar la energía encerrada en su seno.

Como la velocidad de las partículas emitidas por el radio no era lo suficientemente alta (15,000 Km/seg), se pensó que se podían obtener mejores resultados con partículas de mayor velocidad, por cuanto su poder de penetración y fuerza para romper el átomo

debería ser mayor con esta idea se inventaron los aceleradores, que aumentaban la velocidad de las partículas alfa hasta 100,000 Km/seg, pero aún así la energía obtenida era escasa y de efectos pasajeros, había pues la necesidad de encontrar el modo de que una vez iniciada la desintegración ésta subsistiera por si sola.

El físico Italiano Fermi descubrió la eficacia de los neutrones lentos (con respecto a las partículas de gran velocidad) en la desintegración de la materia. Otros investigadores también comprobaron que se podía romper el átomo de uranio por fisión bombardeándolo con neutrones, y en fin todos los elementos pesados (de número atómico alto) pueden fisionarse de esa manera, por cuanto existe inestabilidad en sus núcleos debido al desequilibrio que hay entre el número de sus protones y de sus neutrones tendiendo a alcanzar estabilidad al estallar, dando lugar a:

- 2 productos de fisión muy radiactivos.
- 2 ó 3 neutrones que pueden continuar la reacción produciendo nuevas fisiones.
- Desprendimiento de gran cantidad de energía, equivalente a 2'400,000 veces la desarrollada en la combustión del carbón (para tener una idea de la energía liberada recordemos la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$, donde "m" es la masa de la materia desintegrada y "c" es la velocidad de la luz.

1.2 APROVECHAMIENTO PACIFICO DE LA ENERGIA ATOMICA

El reactor nuclear al funcionar produce radiaciones (alfa, beta, gamma y neutrones) y calor; además fabrica plutonio y radioisótopos artificiales, aplicaciones aprovechables de la energía atómica.

1.2.1 Radiación Alfa

Una partícula alfa es en realidad el núcleo de un átomo de helio porque tiene dos protones. Debido a que es una partícula pesada con una carga de signo +2, una partícula alfa cederá su energía en una distancia muy corta en su mayor parte por ionización. De esto se desprende que la radiación alfa no es muy penetrante. A su vez significa que es fácil detenerla. De hecho, la mayoría de las partículas alfa no puede atravesar la capa muerta de células de la superficie de la piel y, por lo tanto, no presenta ningún riesgo siempre que el radionucleido emisor alfa esté situado fuera del cuerpo. Sin embargo, en caso de ingestión o inhalación de este radionucleido las partículas alfa pueden ionizar átomos de las células vivientes.

En resumen, la radiación alfa:

1. No es muy penetrante; puede ser detenida incluso por una lámina de papel.
2. Es un riesgo interno significativo; y
3. No es fácilmente detectable.

1.2.2 Radiación Beta

Las partículas beta, por ser electrones, son mucho más pequeñas ligeros que las partículas alfa. En consecuencia, son más penetrantes pero atravesaron los materiales en zig-zag su tasa de ionización es muy inferior a la de las partículas alfa. La profundidad de penetración de las partículas beta depende de su energía y de la densidad del material que atraviesan.

La radiación beta:

1. Es más penetrante, pero puede ser detenida por una lámina de metal;
2. Es un riesgo externo para la piel y los ojos;
3. Es un riesgo interno; y
4. Su detección depende de la energía de radiación.

1.2.3 Radiación Gamma y Radiación X

La radiación gamma es una radiación electromagnética, lo mismo que el radar, la TV, la luz, la radiación, microondulatoria, la ultravioleta y la infrarroja. Sin embargo, la radiación gamma posee una energía más elevada, una frecuencia más elevada y una longitud de onda más corta que todas estas radiaciones; igualmente, causa la ionización indirectamente mientras que las otras no producen ninguna ionización en absoluto. Dicho sea de paso, los rayos X pueden considerarse en general como rayos gamma de baja

energía producidos con una máquina en lugar de proceder de un átomo radiactivo.

La radiación “gamma” y “X” son muy penetrantes y no puede ser detenida completamente, sin embargo puede ser reducida a niveles insignificantes. Para protegerse de ella se necesita material de elevada densidad o una gran cantidad de material.

En consecuencia, la radiación “gamma” y “X” puede atravesar con relativa facilidad el cuerpo humano:

La radiación gamma y x :

1. Es muy penetrante, puede ser detenida por materiales densos como el plomo y el acero;
2. Es un riesgo externo e interno; y
3. Se detecta fácilmente a niveles muy bajos.

1.2.4 El Neutrón

Siendo el neutrón una partícula neutra, no sufre ninguna acción de las cargas eléctricas; mientras que las partículas alfa o los protones se ven desacelerados por los electrones que atraen a distancia, los neutrones, por el contrario no se ven afectados en absoluto por la presencia de los electrones; ni de cerca ni de lejos, pues aún cuando un neutrón tocara un electrón no podría perturbar su trayectoria.

De las radiaciones indicadas, lo más importantes son:

Las radiaciones gamma usadas en la esterilización de los alimentos y los neutrones que son aprovechados en el tratamiento de ciertos

tipos de tumores cancerosos del cerebro. El calor que desarrollan los reactores al funcionar es utilizado fundamentalmente para producir electricidad, aprovechamiento que se halla en pleno desarrollo en países como EE.UU., Inglaterra, Rusia, China y los países Árabes, en su carrera por obtener nuevas fuentes de energía; este tipo de central termoeléctrica que utiliza la energía atómica es conocida como central termonuclear porque lo que utiliza de la desintegración del núcleo es el calor, el cual calienta un fluido y con éste se mueve la turbina acoplada al generador que produce electricidad.

En cuanto a la aplicación de la energía atómica como fuerza propulsora, ésta ha sido posible solo en submarinos mientras que en lo que se refiere a buques, ferrocarriles, autos y aviones; sólo se encuentran en proyectos debido a dificultades de blindaje.

En la medicina los radioisótopos son empleados para diagnosticar y combatir enfermedades tales como reumatismo, cáncer, eritemia, etc.

Los radioisótopos tienen también gran aplicación en la industria (eficiencia de maquinarias, radiografías, medida de niveles, medida de espesores, etc.) en la agricultura (abonos, presencia de pesticidas en los productos alimenticios, control de plagas, etc) en la metalurgia (medida de impurezas, selección de minerales, control radiográfico, etc) en electrónica, astronáutica, en criminología, etc.

Según se ha podido apreciar, el campo de aprovechamiento pacífico de la energía atómica es muy amplio, de importancia fundamental en la investigación científica y en la producción industrial de los pueblos y naciones.

1.3 LAS RADIACIONES ATOMICAS Y SU PELIGROSIDAD

Las radiaciones atómicas resultantes de los fenómenos de desintegración nuclear causan efectos dañinos al organismo humano por la ionización que producen al atravesarlo. Estos efectos no sólo son perjudiciales al individuo, sino que incluso afectan a la especie; los daños mas importantes que causan son la esclerosis (envejecimiento prematuro), cáncer, muerte de células, sobretodo de los tejidos de reproducción grande tales como la piel tubo digestivo, genitales, formadores de los glóbulos rojos, etc. Las radiaciones más peligrosas son los de mayor energía, la cual se mide por su poder de penetración, de donde resulta que las radiaciones gamma y los neutrones ocasionan mayores perjuicios que las radiaciones alfa y beta.

1.4 PROTECCION CONTRA LAS RADIACIONES

1.4.1 Principios de Protección Radiológica

En Noviembre de 1990, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) aprobó un nuevo Conjunto de recomendaciones para actualizar y desarrollar sus principios establecidos de protección radiológica. Por consiguiente, este capítulo se basa en los últimos trabajos de la CIPR.

1.4.1.1 Magnitudes y Unidades

1. Dosis Absorbida

Cuando la radiación incide en un material le cederá su energía a través de una variedad de interacciones. Por tanto, una medida útil de la cantidad de radiación que el material ha recibido es la magnitud denominada dosis absorbida.

La dosis absorbida, D , puede definirse como la energía media comunicada por la radiación ionizante a la materia en un elemento de volumen, dividida por la masa de la materia contenida en este elemento.

$$D = \frac{E}{m}$$

La unidad de dosis absorbida es el gray, (Gy), que es igual al depósito de energía de 1 Joule/Kg. Sin embargo, como el depósito de energía varía para diferentes materiales, rigurosamente hablando hay que especificar también el material, por ejemplo: “diez Gy en acero”, o (0.1 Gy en tejido). Algunos países siguen utilizando una unidad antigua denominada rad (1 rad = 0.01 Gy). Una dificultad planteada por el empleo de la dosis absorbida en protección radiológica es que el efecto biológico de una dosis absorbida de un gray en el tejido depende del tipo de radiación que imparte la energía. Para superar esta dificultad se utiliza una magnitud denominada dosis equivalente.

2. Dosis equivalente

Para tener en cuenta la calidad de la radiación, se usa un factor de ponderación denominado factor de ponderación de la radiación, W_R la dosis equivalente en tejido, T, viene dada por la expresión.

$$H_T = \sum_T W_R D_{T,R}$$

Donde:

$D_{T,R}$: Es la dosis absorbida promediada con respecto al tejido u órgano.

T : La dosis atribuible a la radiación R.

Como W_R es adimensional, la unidad de dosis equivalente es la misma que para la dosis absorbida, a saber un Joule/Kg, pero para evitar confusiones se le ha dado el nombre especial de Sievert (Sv). Algunos países siguen utilizando una unidad antigua denominada rem (un rem=0.01 Sv).

El valor de factor de ponderación para un tipo y energía de radiación especificado ha sido seleccionado por la CIPR como representativo de valores de la eficacia biológica relativa de dicha radiación para inducir efectos estocásticos sobre la salud a bajas dosis. La inducción de cáncer es un ejemplo de efecto estocásticos, ya que la probabilidad del efecto es función de la dosis recibida. Algunos de los valores de W_R se indica en el Cuadro 1.a.

CUADRO 1.a

Tipo y energía de la radiación	Factor de Ponderación (W_R)
Fotones (gamma y x)	1
Electrones (beta)	1
Neutrones	5 a 20
Partículas alfa	20

1.4.1.2 Factores de Ponderación Tisular y Dosis

Cuando la dosis suministrada a órganos individuales pueden evaluarse (por ejemplo, a los efectos de determinar límites para la ingestión o inhalación de material radiactivo), se necesita un método que combine las dosis a los órganos para obtener una medida global de la dosis, o una evaluación del riesgo biológico.

Para ello se han determinado factores de ponderación tisular, W_t, que tienen en cuenta la radiosensibilidad relativa de diferentes tejidos (T). Estos factores se indican en el Cuadro 2.a.

CUADRO 2.a

Órgano o Tejido	Factor de Riesgo (W_R)
Gónadas	0.2
Medula Ósea	0.12
Colón	0.12
Pulmones	0.12
Estómago	0.12
Vejiga	0.05
Mamas	0.05
Esófago	0.05
Tiroides	0.5
Piel	0.01
Superficie Ósea	0.01
Otos Tejidos	0.05

Para calcular la dosis efectiva E , cada una de la dosis tisulares individuales H_T , se multiplican por su valor de ponderación y se adicionan de esta manera:

$$E = \sum_T W_T H_T$$

1.4.1.3 Dosis Equivalente Colectiva y Dosis Efectiva Colectiva

Al examinar los efectos de la radiación en una población, se utiliza un número de magnitudes colectiva. La dosis equivalente colectiva, S_T , es la suma de la dosis equivalentes individuales recibidas por un grupo de personas.

La dosis efectiva colectiva, S , se define de modo análogo, excepto que en la suma se utiliza la dosis efectiva. La unidad de ambas magnitudes es el Sievert-Hombre.

1.4.1.4 Principios de Protección Radiológica

Para prácticas propuestas y de tipo continuo el sistema de protección recomendado por la CIPR se basa en los siguientes principios generales:

1. Las prácticas deberían producir un beneficio suficiente para compensar del detrimento causado por la radiación.
2. En relación con una fuente cualquiera utilizada en una práctica la magnitud de las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de exposiciones, cuando no es

seguro que se reciban, las exposiciones se reducirán al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse, teniendo en cuenta los factores económicos y sociales. Este procedimiento debería estar sujeto a restricciones con respecto a la dosis individuales (restricciones relativas a las dosis), o a los riesgos de los individuos en el caso de exposiciones potenciales (restricciones relativas al riesgo), de modo que se limite la falta de equidad resultante probablemente de juicios económicos y sociales inherentes (optimización de la protección).

3. La exposición individual atribuible a todas las fuentes susceptibles de control está sometida a límites de dosis y a cierto control de riesgo derivado de exposiciones potenciales (límites de riesgo y dosis).

1.4.1.5 Justificación

En los muy pocos casos en los que se necesita tomar decisiones sobre justificación de una práctica, el principio debería considerarse de una manera bastante general como una declaración racional de que convendría tener en cuenta el adoptar una decisión todas las ventajas y daños asociados con la práctica objeto de consideración y las posibles opciones.

1.4.1.6 Optimización

Según la CIPR la “Optimización de la Protección” “Reduciendo todas las exposiciones el valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse teniendo en cuenta los factores económicos y sociales” y “ALARA” (Asociación Latinoamericana Radiológica) son conceptos idénticos en el sistema de la CIPR.

Existe una amplia gama de técnicas para optimizar la protección radiológica. Han sido elaboradas sobre la base de investigaciones prácticas, de factores económicos y de factores técnicos. Las técnicas disponibles incluyen procedimientos basados en un análisis costo-beneficio, que han sido examinados en detalle en el informe de la CIPR sobre optimización de la protección. Es importante reconocer que a los fines de la protección. Es importante reconocer que a los fines de optimización de la protección radiológica pueden utilizarse otras técnicas, algunas cuantitativas y otros de índole más cualitativa.

Existe un número de situaciones donde las técnicas formales, por ejemplo el análisis, costo beneficio, pueden constituir una ayuda valiosa para la adopción de decisiones de protección radiológica. Su aplicación es más probable en circunstancias en las que las decisiones sean complejas y los gastos potencialmente grandes. Permiten fijar en términos claros y cuantitativos el costo (incluye el daño) y los beneficios asociados a una decisión particular y, por tanto sirven de marco útil para tomar decisiones. No obstante, nunca pueden constituir más que un elemento en el proceso de

adopción de decisiones. Este punto a menudo se pasa por alto y ha originado muchas críticas innecesarias del análisis costo-beneficio como ayuda en adopción de decisiones.

El empleo del análisis costo-beneficio en protección radiológica exige que el daño causado por la radiación se exprese en términos monetarios de modo que el costo de la protección pueda compararse directamente con el costo de la exposición a la radiación. Una de las dificultades que entraña fijar un costo a la exposición de la radiación es el valor implícito que dé al deterioro de la salud o incluso de la propia vida. Esto plantea problemas a la vez éticos y morales. No obstante, estas evaluaciones son implícitas en todas las decisiones sobre salud y seguridad en las que el costo es una restricción y, por tanto, no son peculiares a la protección radiológica.

1.4.1.7 Límites de Dosis

El concepto de restricción relativa a la dosis fija un límite superior a la exposición de un individuo a una sola fuente. Estas restricciones relativas a las dosis no sustituyen a la optimización, sino que imponen un tope a los niveles de la dosis individual que hay que tener en cuenta en la optimización de la protección con respecto a esa fuente. Su finalidad es triple:

- a. Asegurar que no se supera el límite de dosis cuando se suman las exposiciones procedentes de todas las fuentes;

- b. Disminuir aun más las desigualdades individuales cuando los beneficios y los detrimentos se distribuyen desigualmente entre los individuos;
- c. Permitir a las autoridades de reglamentación establecer una restricción relativa a la dosis para una fuente particular basándose en el conocimiento de una buena practica.

Límites de Dosis Individual

Es importante reconocer que los límites de dosis ocupen la tercera parte de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CPIR) se han fijado de modo que una exposición continuada justo por encima de los límites de dosis tendrá como resultados riesgos adicionales que podrán describirse razonablemente como “inaceptables en circunstancias normales”.

Límites de dosis para la exposición ocupacional.

- Una dosis efectiva de 20 m Sv por año promediada con respecto a 5 años consecutivos;
- Una dosis efectiva de 50 m Sv en un solo año.
- Una dosis equivalente en el cristalino de 150 m Sv en un año; y
- Una dosis equivalente en las extremidades (manos y pies) y en la piel de 500 m Sv en un año.

(En circunstancias especiales, los trabajadores que realicen la Intervención pueden estar expuestos a hasta 100 m Sv en un solo año).

Límites de dosis para los miembros del Público.

- Una dosis efectiva de 1 m Sv en un año;
- Circunstancias especiales, una dosis efectiva de hasta 5 m Sv en un solo año siempre que: la dosis media en 5 años consecutivos no sea superior a 1 m Sv por año; y la dosis en circunstancias especiales sea expresamente autorizada por la autoridad reglamentadora;
- Una dosis equivalente en el cristalino de 15 m Sv en un año;
- Una dosis equivalente en la piel de 50 m Sv en un año.

1.4.2 Protección Radiológica en Radiodiagnóstico

La protección radiológica en radiodiagnóstico, debe considerar los aspectos generales contemplados en la sección anterior con relación a los equipos y a la influencia de factores en la producción de rayos X.

1.4.2.1 Requisitos de Protección en Equipos de Rayos X

Se conoce la influencia que tiene sobre las características del haz, las variables radiológicas tales como la tensión aplicada, la filtración, la forma de onda de la alimentación, el material del ánodo y la intensidad de corriente. En forma abreviada se tiene que, los fotones que se “lanzan” hacia el organismo y forman después la imagen, se generan haciendo chocar los electrones acelerados

contra un material adecuado. En este caso, se deben tener en cuenta ciertos requisitos asociados tanto al tubo como al generador.

Las normas prescritas de protección indican:

- a) Para el tubo: La radiación que atraviesa la coraza, fuera del haz directo, no debe sobrepasar 1 mGy/h (mGy = miligray = 1 Julio/Kg)(h=hora) a 1m del lugar donde se producen los rayos X, trabajando a la máxima potencia que pueda soportar en ese tiempo (1 hora).
- b) Para el generador: En especial para radioscopia, la iniciación y terminación de la irradiación ha de ser con un pulsador en lugar de un interruptor (cuando se levante el dedo o el pie se termina la radiación). Ha de existir además una alarma acústica y un interruptor que corte la radiación en un máximo de 10 minutos.

1.4.2.2 Factores y Dispositivos que Afectan y Restringen el Haz

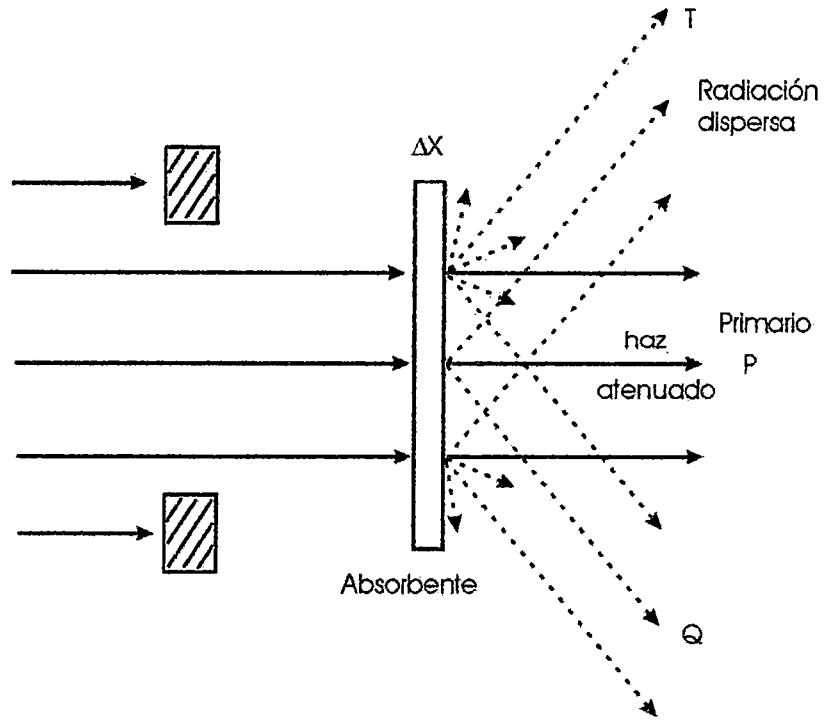
a. El Kilovoltage

Los fotones responsables de la densidad, contraste e imagen de una radiografía, son dos:

- Los que pasan a través del paciente sin interactuarlo.
- Los que son dispersados en el paciente por la interacción compton.

En suma se tiene que, habrá fotones que son dispersados fuera del film, los que interactúan y son absorbidos por el paciente, los que

pasan sin interactuar, y los dispersados por el paciente y que llegan al film (Fig. a).



A un mayor Kvp (Kvp=Tensión pico), mayor cantidad de fotones sufre dispersión Compton. Si el Kvp es grande, habrá mayor dispersión Compton pero menor efecto fotoeléctrico. Debe tenerse en cuenta que a menor Kvp mayor será el efecto foto eléctrico y por tanto mayor la dosis es aún mucho mayor. De hecho el Kvp es un factor controlable por el operador. En la Tabla III se muestran las contribuciones debidas a un mayor o menor Kvp, para un espesor de paciente de 10 cm.

De acuerdo al grosor del paciente, puede elegirse entre incrementar el Kvp o el mA (mA=miliAmperio).

Tabla III

Contribuciones por el interacción en función al Kv

Kvp	% de Interacción			% Transmisión
	Foto Eléctrico	Compton	Total	
50	78.9	21	99,998	0.002
60	69.9	30	99,9	0.1
70	59.8	39.8	99,6	0.4
80	46	52	98	2
90	38	59	97	3
100	31	63	94	6
110	23	70	93	7
120	18	83	91	9

- Si se incremento el mA hay mas cantidad de rayos X y proporciona una imagen satisfactoria, pero también dosis inaceptablemente altas para el paciente.
- Si se incrementa un poco el Kvp, es suficiente para proveer el número de rayos X necesarios para la incidencia sobre el film, con una dosis mucho mas baja para el paciente.

Desafortunadamente a mayor Kvp hay mayor radiación dispersa y por lo tanto menos contraste.

En general, es preferible una exposición radiográfica con una Kvp alto que con un Kvp bajo, por razones de reducción de dosis en el paciente.

b. El tamaño del campo

Es un factor que afecta el nivel de radiación dispersa y que es controlable por el operador, si el tamaño de campo se incrementa,

entonces se incrementa el nivel de radiación dispersa, y por lo tanto la dosis en el operador y en el paciente.

d. Espesor del paciente

Es un factor no controlable por el operador, pero que debe tenerse en cuenta para el control adecuado del Kvp y mAs.

Filtración

Como se mencionó, el Kv determina la penetración de los fotones. Sin embargo, debe eliminarse del haz a los fotones blandos que se sabe con certeza que no contribuyen a la formación de la imagen, y que son absorbidos en las primeras capas del paciente. Con esta filtración se puede ahorrar aproximadamente hasta el 80% de la dosis en piel. En función al máximo Kv de los equipos se exigen valores mínimos de filtración total.

Según lo indicado en la Tabla IV.

Tabla IV

Valores Mínimos de Filtración Total

Tensión Pico (Kvp)	Filtración Mínima (mm Al)
< 50	0.50
50 – 70	1.50
> 70	2.50

1.4.2.3 Control de la Radiación Dispersa

El control de la radiación dispersa es alcanzado mediante el uso de dispositivos en los equipos. Para este fin existen dos tipos de dispositivos:

- Los limitadores de haz.
- Las rejillas antidifusoras

Los limitadores de haz son de tres tipos:

- De diafragma de apertura, que son fijos (ej. Equipos dentales).
- Los conos o cilindros.
- Colimadores de apertura variable (radiagnóstico general).

Las rejillas antidifusoras o Bucky, que son láminas absorbentes entre las cuales hay un metal menor absorbente se ubica entre el paciente y el sistema de imagen. Exige incrementar dosis en el paciente ya que influye el espesor de las láminas, su altura, su separación y del material intercalado entre ellas. El uso de rejillas mejora el contraste pero supone un aumento de dosis en un factor de 2.5 a 3.5 aproximadamente. El uso debe ser adecuado ya que un error en su posicionamiento (rejilla, desnivelada, descentrada, fuera de foco o colocada al revés), influye directamente en un incremento aún mayor de dosis en el paciente.

1.5 RAYOS X

1.5.1 Mecanismos de Producción de Rayos X

Los rayos X se generan como producto de la interacción de un electrón acelerado contra un blanco adecuado. La magnitud determinante para la formación de rayos X, viene a ser la velocidad del proyectil.

La energía cinética del proyectil (e) está relacionada por la ecuación.

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Donde:

m : Masa en Kg

V : Velocidad en m/seg

E_k : Esta en Joules

Como consecuencia podemos decir que la velocidad es mas importante que la masa del proyectil.

Los electrones usados como proyectiles, interactúan ya sea con los electrones orbitales o con los núcleos de los átomos blanco. Estas interacciones resultan en conversión de la energía cinética en energía térmica y en energía electromagnética en forma de rayos X. La mayoría de la energía cinética de los electrones es convertida en calor. Generalmente, más del 95% de la energía cinética se convierte en calor, dejando menos del 5% para la producción de radiación. Esta fracción esta representada por la ecuación.

$$F = 1,1 \times 10^{-9} ZV$$

Donde :

F : Es la fracción de energía de los electrones convertida en rayos X

Z : Es el número atómico del blanco y

V : Es la energía de aceleración de los electrones en voltios.

Así tenemos que para un blanco de tungsteno ($Z=74$) y una aceleración de electrones de 120 Kvp, la fracción de rayos X formados será:

$$F = 1,1 \times 10^{-9} (74) (120000)$$

$$F = 0.0098$$

$$F = 0.98\%$$

Radiación Característica.- Si los electrones interactúan con un electrón de la capa mas interna del átomo blanco, estas transfieren energía suficiente al electrón para que pueda ser sacado en su órbita dejando un vacío. El paso de un electrón exterior al vacío dejado por el otro electrón, produce como consecuencia una onda electromagnética (rayos X). Esta radiación X producida es característica de cada elemento y es de carácter discreto, es decir tiene una energía o energías definidas.

Los rayos X característicos tienen bajas energías, excepto la de la capa K (70 Kev), por lo que no son útiles para el diagnóstico.

Radiación Bremsstrahlung o de Frenado.- La producción de calor y de rayos X característicos, involucra interacciones entre los proyectiles y los electrones del átomo blanco. El otro tipo de interacción es con el núcleo del átomo. En este proceso, la energía cinética del proyectil es convertida en energía electromagnética. Al pasar cerca de un núcleo, el proyectil sufre una desviación reduciendo su energía cinética. Esta energía cinética perdida, se

aparece como un fotón de rayos X. Esta radiación se denomina Bremsstrahlung o de frenado, y es de forma continua.

La energía de los rayos X producidos depende de la magnitud de la desviación del proyectil.

1.6 REGLAMENTACION Y NORMATIVA EN RADIODIAGNÓSTICO

Tal como ocurre en toda actividad humana donde existen riesgos, la utilización pacífica de las radiaciones ionizantes ha de estar regulada por normas que delimiten el marco dentro del cual existen garantías de trabajar en forma segura y de no dañar a la población.

Las primeras aplicaciones de los rayos X y fuentes radiactivas además de causar importantes beneficios originaron riesgos no previstos. Se menciona que hasta 1922 alrededor de 100 radiólogos habían fallecido por efecto de sobre exposiciones, de ahí la necesidad de crear organismos internacionales y nacionales encargados de establecer normas y recomendaciones para la protección del personal ocupacionalmente expuesto, pacientes y público en general.

En nuestro país, el INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR (IPEN), es el organismo encargado de resolver y dictaminar sobre asuntos relativos a la protección Radiológica y Seguridad Nuclear; tal es así que en 1980 aprueba el Reglamento de Protección Radiológica que deben cumplirse en todas aquellas actividades relacionadas con el uso de las radiaciones ionizantes.

Este documento es revisado y en 1989, a través del Decreto Supremo N° 018-99-EM/VME, del 29 de Septiembre, se aprueba el REGLAMENTO DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA, el cual es firmado por el presidente de la República y los Ministros de la Presidencia; Energía y Minas; Salud; Trabajo y Promoción Social; Defensa e Industria, Comercio Interior, Turismo e Integración.

Según este dispositivo legal se ratifica al IPEN como la autoridad competente a través de su Presidente, en su función de Autoridad Nacional en el ámbito nuclear.

El Reglamento tiene la finalidad de garantizar la Protección del Personal ocupacionalmente expuesto, de la población en general y del medio ambiente, contra los riesgos indebidos y posibles efectos dañinos producidos por las radiaciones ionizantes; y su alcance comprende a todas las personas naturales y jurídicas que realicen actividades con fuentes de esta naturaleza, dentro del territorio nacional.

CONTENIDO DEL REGLAMENTO RELACIONADO A LA APLICACIÓN MÉDICA

Los aspectos del reglamento que tienen relación con la aplicación médica de las radiaciones ionizantes, se han resultado en las especificaciones indicadas a continuación.

1. Cualquier práctica que involucre una exposición, por pequeña que sea no será justificada a menos que produzca un beneficio neto.

2. Las dosis se deben reducir mediante medidas protectivas a un valor tan bajo como razonablemente se pueda alcanzar, tomando en cuenta los factores económicos, tecnológicos y sociales del país.
3. El límite anual de dosis equivalente para el personal ocupacionalmente es de 50 mSv y para los distintos órganos y tejidos es de 500 mSv, a excepción del Cristalino cuyo límite es de 150 mSv.
4. La exposición ocupacional de mujeres embarazadas deberá restringirse de manera que la dosis total recibida por el feto durante el período de embarazo no sea superior a 1 mSv.
5. El límite anual de dosis equivalente para individuos del público es de 1 mSv.
6. Los trabajadores o estudiantes mayores de 18 años, durante la enseñanza o capacitación con radiaciones, serán considerados como personal ocupacionalmente expuesto y sujetos a las restricciones correspondientes.
7. En condiciones normales de trabajo se podrá realizar una exposición especial planificada cuando no se disponga de otras alternativas, tomándose en cuenta lo siguiente:
 - Los trabajadores deben ser informados del riesgo y medidas para reducir la exposición,
 - Se permitirá si la dosis en el trabajador no excede de 0.1 Sv por vez a 0.25 Sv durante toda la vida,
 - No se permitirá si sufrió exposición anormal de hasta 0.25 Sv o es mujer en capacidad reproductiva.

8. Se definen 2 condiciones de trabajo:

- Tipo A, aquellas donde las dosis resultantes podrían exceder los 3/10 del límite anual. Aquí los trabajadores se sujetaron a una supervisión médica así como a una vigilancia radiológica individual obligatoria.
- Tipo B, aquellas donde es muy improbable que las exposiciones anuales excedan los 3/10. Los trabajadores sólo requieren una vigilancia radiológica general.

9. También se identifican 2 áreas de trabajo:

- Area Controlada, donde se dan las condiciones de trabajo tipo A. El acceso es restringido y sujeto a instrucciones operacionales. Esta zona estará delimitada y señalizada con claridad.
- Area Supervisada, donde se dan las condiciones de trabajo tipo B.

10. Las instalaciones que utilicen rayos X o material radiactivo deben estar LICENCIADAS o autorizadas para funcionar de acuerdo a las normas específicas que establezca la Autoridad Nacional.

11. La manipulación de fuentes de radiaciones ionizantes se permitirá exclusivamente a personas que posean LICENCIA INDIVIDUAL o estén autorizadas por la Autoridad Nacional.

12. Es obligatoria la vigilancia radiológica individual (dosimetría) para el personal que labora en Condiciones de Trabajo Tipo A.

13. La filtración total de los equipos de rayos X con fines de diagnóstico medio debe ser:

Mm Al	Equipo
0.5	menos de 50 Kvp
1.5	50 – 70 Kvp
2.5	mas de 70 Kvp

14. Los equipos de rayos X odontológicos deben tener como metálico la colimación adecuada, además de cumplir con lo especificado en el párrafo anterior.

15. Los equipos que contengan materiales radiactivos y los equipos generadores de radiaciones ionizantes deberán satisfacer las siguientes condiciones:

a. La dosis equivalente debido a radiación de fuga de equipos que contienen material radiactivo y son usados con fines médicos, no deben exceder de:

- 20 $\mu\text{Sv/h}$ a 1 metro del equipo, ni 0.2 mSv/h a 5 cm de la superficie del equipo, en la posición “apagado”.
- 10 mSv/h ó el 0.1% del haz útil o primario medido a una distancia de 1 metro del cabezal del equipo en la posición de “operación”.
- La dosis medida en la Superficie de los Conos adicionales y diafragmas limitadores de campo no debe exceder el 4% del haz útil.

b. La tasa de dosis equivalente debida a la radiación de fugas de equipos de rayos X usados con fines médicos no debe exceder de:

1. Equipos de Terapia:

- 10 mSv/h a una distancia de 1 metro del foco del tubo de rayos x, ni 300 mSv en cualquier lugar distante 5 cm de la superficie del cabezal o dispositivos alcanzables por el paciente.
- 1 mSv/h en cualquier posición distante 5 cm del cabezal del equipo utilizado en terapia superficial o su equipo accesorio.

2. Equipos de Diagnóstico:

- 1 mSv/h a 1 metro del foco del tubo de rayos x.

16. Las fuentes radiactivas selladas deberán ser inspeccionadas como mínimo una vez por año, para verificar su hermeticidad.

17. Esta prohibido la evacuación de desechos radiactivos al medio ambiente sin autorización de la Autoridad Nacional.

18. Debe existir un plan de Emergencia en toda instalación radiactiva para hacer frente a las situaciones accidentales o de emergencia.

19. Los límites de dosis no se aplican a pacientes que están bajo tratamiento de diagnóstico o terapia. La decisión de examen o tratamiento con radiaciones ionizantes debe basarse en una evaluación correcta de las indicaciones, del resultado útil del examen, de la forma en que va a influenciar en la diagnosis y en cuidado del paciente.

20. Se pondrá especial atención en los detalles de la técnica radiológica a modo que se asegure una mínima exposición al embrión o feto posiblemente presente, si no se sabe si una mujer está o no embarazada.
21. Cuando la exposición médica en el cual no hay beneficio o hay un pequeño beneficio a las personas irradiadas, esta irradiación será efectuada por personas calificadas y entrenadas de conformidad con los límites de dosis y condiciones presentes por la Autoridad Nacional para tal programa.
22. Los exámenes radiológicos periódicos que no se relacionan a indicaciones clínicas en el individuo, se sujetarán a una justificación relativa a la utilidad de la información obtenida y la importancia de esta información para la salud del individuo.
23. Los exámenes radiológicos efectuados con propósitos de medicina ocupacional se justificarán en relación a la salud del individuo y al cumplimiento de requisitos para el trabajo por parte de la persona.
24. Los exámenes radiológicos efectuados con propósitos médico legales, o para evaluar la salud de una persona con fines de aseguramiento, se harán después de una debida consideración de las ventajas que representa al individuo examinado.
25. En operaciones de emergencia, durante o inmediatamente después de un accidente, se puede considerar justificable recibir dosis en exceso de los límites establecidos, sólo cuando sea urgente salvar vidas, prevenir un incremento sustancial en la escala del accidente, prevenir la

irradiación de grandes grupos de la población, incluyendo el salvataje de material de alto valor. En cualquiera de los casos los trabajadores__

- a. Serán voluntarios.
- b. Deberán recibir información acerca del riesgo involucrado a exposiciones superiores a los límites.

26. Para casos de emergencia, puede servir como guía lo siguiente:

- a. En estas acciones intervendrán, en lo posible, personas de mayor edad (preferentemente mayores de 45 años).
- b. La exposición de cuerpo entero planeada para una operación de salvar vidas, no debe sobrepasar los 500 mSv.
- c. La exposición a cuerpo entero planeada para otros casos de operaciones de emergencia no debe superar los 250 mSv.

27. Cuando un trabajador resulte expuesto o contaminado seriamente, el responsable de la instalación comunicará por los medios más rápidos a la Autoridad Nacional, pondrá a disposición la información necesaria y hará los trámites para el control y tratamiento en la unidad médica designada por la Autoridad Nacional para el manejo de estos pacientes.

NORMATIVA TÉCNICA

En base a lo dispuesto en el Reglamento de Protección Radiológica, se han elaborado diferentes Normas Técnicas de Seguridad Radiológica, las cuales son aplicadas en función al tipo de aplicación de las radiaciones ionizantes.

Para el caso de uso médico de las radiaciones, se mencionan las siguientes Normas:

1. Norma IR.003.90

“Licencia de instalaciones de Rayos x (uso médico)”

Establece los requisitos y procedimientos que deben cumplir las instalaciones públicas y privadas que utilizan rayos X con fines médicos, a fin de obtener la licencia que los autorice a trabajar con esa fuente de radiación.

Esta licencia es revalidada cada 3 años, para el caso de equipos de rayos X, y cada año en el caso de fuentes radiactivas.

La inspección reglamentaria de la Autoridad Nacional podrá ser previa o posterior al otorgamiento de la Licencia, pero será determinante para confirmarla o denegarla.

El procedimiento consiste en presentar en el IPEN una solicitud adjuntando:

- Descripción de la instalación y la fuente de radiación ionizante (Formato de Rayos X).
- Descripción de los procedimientos operativos de trabajo.
- Descripción de las medidas de protección radiológica (señalización de áreas, dosimetría, mandiles, etc).
- Medidas a tomar en caso de exposiciones normales o emergencias.
- Relación del personal y sus responsabilidades.

La licencia se otorga previo pago a los derechos correspondientes.

2. Norma IR.001.91

“Requerimientos para la Vigilancia Radiológica Individual”

Establece los sistemas y condiciones para la vigilancia radiológica del personal ocupacionalmente expuesto a las radiaciones ionizantes.

Se aplica a todas las personas naturales y jurídicas que son radiaciones ionizantes o estén comprometidas en la provisión de protección contra las radiaciones ionizantes de los trabajadores ocupacionalmente expuesto.

Las personas que manipulan, operan o trabajan directamente con radiaciones ionizantes, están consideradas en condiciones de trabajo tipo A y sujetas a la vigilancia radiológica individual obligatoria, de frecuencia mensual, en las siguientes aplicaciones:

- Radioterapia y/o aceleradores.
- Urografía y cineangiografía.
- Radiodiagnóstico.
- Braquiterapia.
- Medicina Nuclear.
- Fluoroscopia.
- Fotoroentgen.
- Teleterapia.
- Betaterapia.

Las siguientes aplicaciones están consideradas en condiciones de trabajo tipo B y el personal se someterá a una vigilancia radiológica general mediante dosimetría bimensual de área, ubicada en el punto que pueda representar la mayor exposición de las personas:

- Tomografía Axial Computarizada.
- Radiografía Dental.
- Radioinmunoanálisis.

Los trabajadores temporales tales como invitados, becarios, estudiantes, etc, que puedan estar involucrados directamente en trabajos con radiación, deben ser vigilados bajo los mismos estándares que para trabajadores permanentes.

El personal ocupacionalmente expuesto está obligado a conocer sus reportes de dosis en forma permanente.

Se entiende que cada dosímetro es para cada instalación.

La Autoridad Nacional está facultada para autorizar los servicios de vigilancia radiológica individual externa y/o interna, y realizar las inspecciones periódicas que crea conveniente.

3. Norma IR.004.92

“Control de radiaciones ionizantes”

Regula los registros, licencias e inspecciones a que deben someterse todas las actividades con radiaciones.

Se aplica a todas las personas naturales y/o jurídicas que reciben, poseen, usen, transfieren y/o adquieren fuentes de radiaciones u ofrecen servicios en relación a ellas.

Esta norma establece una categorización para las instalaciones, en donde se pueden apreciar las siguientes aplicaciones médicas.

Categoría A

- * Teleterapia con haces de radiaciones (RX superficial, intermedio y profundo, cobaltoterapia). A.2
- * Braquiterapia (intersticial e intracavitaria) A.3
- * Diagnóstico y tratamiento con fuentes abiertas (in vivo) A.7

Categoría B

- * Diagnóstico médico con Rayos X B.3
- * Braquiterapia superficial (Betaterapia, etc) B.4

Categoría C

- * Diagnóstico dental con Rayos X C.1
- * Investigación con fuentes abiertas C.2
- * Radioinmunoanálisis C.3

Todas estas instalaciones requieren de la respectiva licencia de Instalación otorgada por la Autoridad Nacional, la cual es realizada periódicamente luego de cumplir con los requisitos específicos y pago correspondiente.

El IPEN o las entidades autorizadas pueden realizar inspecciones periódicas y verificar las condiciones de seguridad radiológica de las instalaciones. En este caso, cada usuario debe otorgar las facilidades del caso y proporcionar la documentación requerida.

La frecuencia de inspecciones rutinarias es la siguiente:

- Categoría A.2, A.3, A.7 Una vez al año
- Categoría B.3, B.4 Una vez cada 2 años
- Categoría C.1 Una vez cada 3 años
- Categoría C.2 Una vez cada 2 años

- Categoría C.3

..... Una vez cada 3 años

Sin embargo se puede inspeccionar una instalación a frecuencias mayores debido a: persistencia de incumplimientos, investigación de un incidente, requerimiento de un trabajador que presenta escrita, cambio de instalación o equipo y mutuo acuerdo entre el usuario y la Autoridad Nacional.

A solicitud del público se pueden realizar inspecciones si existiesen causas justificadas.

4. Norma IR.006.92

“Licencia de Instalaciones de Telecobaltoterapia”

Se establece el procedimiento para solicitar licencia de instalaciones de teleterapia con Co⁶⁰ los requisitos a cumplir son:

- Presentación de Solicitud a la Autoridad Nacional.
- Adjuntar documentación técnica sobre:
 - * Descripción de la instalación
- Características de la construcción, del equipamiento y de la fuente radiactiva.
 - * Informe de Seguridad. Análisis del riesgo a individuos en condición normal y en casos accidentales.
 - * Conformidad del fabricante sobre el equipo instalado.
 - * Relación de personal, organización y responsabilidades.
 - * Normas de Radioprotección en la instalación.
 - * Instrucciones de emergencia.

La licencia se otorga previo pago de los derechos establecidos. La inspección de verificación puede ser previa o posterior, pero sirve para confirmar, denegar o revocar la licencia.

5. Norma IR.007.92

“Licencia de instalaciones de Braquiterapia”

Establece el procedimiento para solicitar la licencia en instalaciones que utilizan fuentes radiactivas en Braquiterapia. Los pasos a seguir son:

- Presentación de Solicitud a la Autoridad Nacional.
- Adjuntar información técnica sobre:
 - * Descripción de la Instalación. Características del almacén, salas de internamiento, las fuentes radiactivas y dispositivos de seguridad disponibles.
 - * Informe de Seguridad. Análisis de riesgos individuales en condición normal y en casos accidentales.
 - * Relación de personal, organización y responsabilidades.
 - * Manual de operación.
 - * Normas de radioprotección en la instalación.
 - * Instrucciones de emergencia.

La licencia se concede previo pago de los derechos establecidos. La inspección es mandatoria en forma previa o posterior y sirve para confirmar, denegar o revocar la licencia.

6. Licencia Individual

Todas las personas que trabajan con Rayos X y fuentes radiactivas deben contar con la respectiva Licencia, para lo cual deben presentar en el IPEN los siguientes documentos:

- Currículum Vitae.
- Historia clínica (con exámenes auxiliares).
- Funciones que desarrolla.
- Demostrar conocimientos de Protección Radiológica a través de cualquiera de los siguientes puntos:
 1. Constancia de haber aprobado algún Curso de Protección Radiológica u otro a fin dictado en el IPEN u otra entidad nacional o del extranjero reconocida por la Autoridad Nacional. El curso debe tener una antigüedad no mayor de 5 años.
 2. Aprobación de un Examen de Suficiencia rendido en el IPEN (Oficina Técnica de la Autoridad Nacional).

Están exonerados de este último punto los profesionales del área médica que demuestren trabajar más de 5 años con rayos X o fuentes radiactivas y han asistido a algún curso de Protección Radiológica y los técnicos que trabajan mas de 10 años con Rayos X y han asistido a algún Curso de Protección Radiológica, sin necesidad de haberlo aprobado.

REGIMEN DE SANCIONES

Tomando en cuenta la base legal correspondiente, el Instituto Peruano de Energía Nuclear (Autoridad Nacional), ha aprobado el Régimen de

Sanciones mediante la Resolución de Presidencia Nro. 088-92-IPEN/AN (1992-09-03), que tiene por objeto sancionar el incumplimiento e infracciones a las disposiciones establecidas en el Reglamento de Protección Radiológica y la normativa nuclear derivada de la misma.

Su alcance comprende a todas las instalaciones radiactivas y nucleares y a las personas que ejecutan actividades directas o relacionadas con reactores nucleares, fuentes radiactivas y equipos de Rayos X.

La aplicación del Régimen de Sanciones corresponden al IPEN en su función de Autoridad Nacional. Las notificaciones previas a la sanción son aplicadas por los inspectores acreditados de la Autoridad Nacional.

La oficina técnica de la Autoridad Nacional, a través de su director es la encargada de aplicar las sanciones, siendo esta a su vez la que resuelva los recursos de apelación son resueltos por el presidente del IPEN, como última instancia.,

Las sanciones se aplican luego del estudio teórico-legal y según la gravedad y circunstancias de cada caso.

Pueden ser:

- a) Multa de 1/5 de la UIT hasta 2 UIT.
- b) Suspensión temporal de la Autorización o licencia de Instalación o Individual.
- c) Clausura temporal de la instalación.
- d) Cancelación definitiva de la Licencia de Instalación o individual.
- e) Clausura definitiva de la instalación.
- f) Decomiso de las fuentes de radiación.

En caso de que resulte necesario para la aplicación del presente dispositivo, la Autoridad Nacional podrá requerir el auxilio de la fuerza pública.

En los casos necesarios, la Autoridad Nacional podrá hacer pública las sanciones que aplique.

Las personas naturales y/o jurídicas públicas o privados que resulten responsables, están obligados a indemnizar por los daños causados a terceras personas como consecuencia de la utilización indebida o inadecuada de fuentes de radiación.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

EN ESTA TESIS

2.1 INTRODUCCION

El conocimiento, determinación y evaluación de las propiedades de los materiales es fundamental, cuando se tiene que realizar trabajos de investigación; en tal sentido en este capítulo presentaremos las definiciones, conceptos, determinación y evaluación de cada una de las propiedades de los materiales empleados en la presente tesis.

Se utilizó Cemento Pórtland tipo I “Sol” y agregado grueso de Baritina de la Cantera Coccochacra ubicado en el Km. 45+000, Carretera Central y Cantera Gloria Grande, ubicado en el Km. 14+800, Carretera Central.

2.2 CEMENTO PÓRTLAND TIPO I

2.2.1 Definición

El cemento Pórtland es un producto artificial, es un “clinker” finamente molido, producido por cocción a elevadas temperaturas, de una materia prima que pueda estar compuesta de una mezcla de “caliza”, arcilla y otros minerales o simplemente de “caliza” y con adición de 5% de yeso, da como resultado el cemento.

2.2.2 Proceso de Fabricación

En la elaboración del cemento se sigue el siguiente proceso:

- Ubicación y selección de la materia prima en cantera, mediante estudios de evaluación y extracción de dicha materia prima.
- La materia prima, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta el principio de la fusión (1400 – 1450°C) generalmente en grandes hornos giratorios.
- El material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina “Clinker” (pequeñas esferas de color gris, negrusco, duras y de diferentes tamaños).
- El “Clinker” enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento Pórtland. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 – 5%) para regular la fragua del cemento.

2.2.3 Clasificación del Cemento Pórtland

El cemento Pórtland se clasifica y fabrica en (05) cinco tipos, cuyas propiedades se han normalizado tomando como base especificación ASTM que son retomados por las Normas NTP Nacionales.

2.2.4 Principales Propiedades Físicas

El cemento Pórtland tipo I “Sol” empleado en la presente tesis, presenta las siguientes propiedades físicas.

2.2.4.1 Peso específico Norma NTP 334.005

El peso específico se define como la relación de la masa de un volumen unitario de un material a determinada temperatura; a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de aire.

$$Pe (\text{cemento}) = 3.11 \text{ gr/cm}^3 \quad (*)$$

(*) Referencia : Supercemento Atlas Cemento Lima S.A.

2.2.4.2 Superficie específica

Nos define el área en m^2 , de la superficie de todas las partículas supuestamente esféricas de un kilogramo de cemento. Cada tipo de molienda de una composición granulométrica diferente, de allí que la finura es función directa del grado de molienda de los cementos.

$$Se = 29.70 \text{ m}^2/\text{Kg}$$

Pórtland (ASTM – C150)

Estos tipos de cemento son:

Tipo I: Este cemento es de uso general en obras de concreto, en los que no se especifica el uso de los otros tipos de cemento.

Tipo II: Este tipo de cemento se emplea en obras de concreto en general, pero su empleo es obligatorio cuando dichas obras están expuestas a acción moderada de sulfatos o donde se requiera moderado calor de hidratación.

Tipo III: Este cemento es de alta resistencia inicial. Las mezclas de concreto preparados con este tipo de cemento desarrollan valores de resistencia en tres días, igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento Tipo I o Tipo II.

Tipo IV: Este tipo de cemento es de bajo calor de hidratación.

Tipo V: Cuando se requiere que una mezcla de concreto presente alta resistencia al ataque de sulfatos, usaremos el cemento tipo V.

Su uso práctico esta referido a:

- Obras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis.
- Estructuras expuestas al agua de mar.

2.2.4.3 Consistencia normal (Norma NTP 334.046)

Es la cantidad de agua necesaria para obtener una pasta de cemento con características determinadas.

$$\text{Consistencia Normal} = 24.5\%$$

2.2.4.4 Expansión Autoclave

Es la verificación volumétrica obtenida de una pasta de cemento sometida a vapor saturado y a una presión determinada.

$$\text{Expansión} = 0.054\%$$

2.2.4.5 Tiempo de fraguado (Norma NTP 334.006)

Es el cambio del estado fluido de una pasta de cemento al estado sólido; se dice que este ha fraguado, cuando esta lo suficientemente rígido para soportar una presión determinada. Existen dos tipos de tiempo de fraguado.

Tiempo de Fraguado Inicial (TFI)

Cuando en el ensayo respectivo, se presenta una penetración de 25mm de la aguja usada.

Tiempo de Fraguado Final (TFF)

Cuando ya no presenta huella de penetración para la determinación del tiempo de fraguado se emplea las agujas vicat.

Para el cemento Pórtland tipo I “SOL” se considera:

Tiempo de Fraguado Inicial = 188 min.

Tiempo de Fraguado Final = 275 min.

2.2.4.6 Resistencia a la compresión (Norma NTP 334.051)

Es la capacidad del cemento para soportar esfuerzos sin fallar. Se determina mediante el ensayo de compresión de un cubo de 2” de arista; preparado con una mezcla definida.

Se ha obtenido los siguientes valores:

CUADRO N° 2.1 : RESISTENCIA A LA COMPRESION

EDAD	RESISTENCIA
3 días	197 Kg/cm ²
7 días	268 Kg/cm ²
28 días	326 Kg/cm ²
45 días	328 Kg/cm ²
60 días	342 Kg/cm ²

CUADRO RESUMEN N° 2.2 : CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL"

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CEMENTO "SOL"	NORMA NTP 334.009
Peso específico (gr/cm ³)	3.11	
Superficie específica (m ² /Kg)	29.7	28 mínimo
Contenido de aire (%)	6.60	12 máximo
Consistencia normal (%)	24.50	
Tiempo de fraguado		
Inicial (min)	188	45 mínimo
Final (min)	275	375 máximo
Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)		
3 días	197	126 mínimo
7 días	268	195 máximo
28 días	326	
45 días	328	
60 días	342	
Expansión volumétrica (%)	0.054	0.8 máximo

2.2.5 Principales Propiedades Química

Del análisis químico del cemento Pórtland, obtenemos dos grupos de componentes: principales y secundarios.

2.2.5.1 Componentes principales

- Cal (óxido de calcio) CaO
- Sílice (dióxido de silicio) SiO₂
- Aluminio (óxido de aluminio) Al₂O₃
- Oxido férrico Fe₂O₃

2.2.5.2 Componentes secundarios

- Anhídrido sulfúrico SO_2
- Residuo insoluble R.I.
- Pérdidas por calcinación P.C.

2.2.5.3 Compuestos principales

Durante el proceso de fusión de la materia prima, que da origen al CLINKER, se forman los silicatos calizas y férricos de composición compleja:

- Silicato tricálcico $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_3S)
- Silicato dicalcico $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (C_2S)
- Aluminato tricalcico $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A)
- Ferro aluminato tetracalcico $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (C_4AF)

El porcentaje relativo de los cuatro componentes principales, determina las propiedades del cemento Portland. Este porcentaje depende de la proporción relativa entre la cal y los componentes ácidos (sílice, alumina y óxido férrico) también conocidos como factores hidráulicos.

2.2.5.4 Componentes secundarios

Estos componentes secundarios están presentes en porcentajes de 5% al 10%, y van los siguientes:

- Cal libre CaO
- Oxido de magnesio MgO

- Oxido de sodio y potasio NaO y KO

- Trialuminato pentacalcico y dióxido de titanio.

CUADRO RESUMEN N° 2.3 : CEMENTO PÓRTLAND TIPO I

PROPIEDADES QUÍMICAS	CEMENTO PÓRTLAND TIPO I "SOL" (%)	NORMA NTP 334.009
Oxido de silicio SiO ₂	19.70	
Oxido férrico Fe ₂ O ₃	3.08	
Oxido de aluminio Al ₂ O ₃	7.72	
Oxido de calcio CaO	60.20	
Oxido de magnesio MgO	2.93	5.0 máx
Oxido de azufre SO ₃	3.07	3.1 máx
Pérdida de calcinación P.C.	2.70	3.2 máx
Residuo insoluble R.I.	1.58	
Cal libre CaO	0.76	
Álcalis Na ₂ O	----	
Silicato tricalcico C ₃ S	43.39	
Silicato bicalcico C ₂ S	15.35	
Aluminato tricalcico C ₃ A	9.19	
Ferro aluminato tetracalcico C ₄ AF		

Fuente: Tesis características y componentes de los cementos Lima y Andino FIC-UNI

2.3 Agregado Fino (NTP 400.037)

Es aquel que proviene de la desintegración natural y/o artificial de rocas que pasa el tamiz 9.51 mm (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz 74 una malla N° 200 Norma Técnica Peruana NTP 400.011.

Este agregado deberá cumplir con ciertos requisitos y normas las cuales deberán ser evaluados y cuantificados con ensayos de laboratorio en la parte física y química de estas de tal manera que sean unas partículas limpias, duras, resistentes, durables, compatibles con el cemento, libres de sustancias orgánicas, químicas y sin recubrimientos de arcillas o de materiales finos (que pasen la malla N° 200) que puedan afectar en la hidratación y la adherencia en la pasta de cemento.

Cantera

El agregado fino utilizado proviene de la cantera “Gloria Grande” cuya ubicación se encuentra en el Km 14+800 C.C. (Ate Vitarte) provincia (Lima).

2.3.1 Propiedades Físicas

Para la siguiente investigación estudiamos las siguientes propiedades:

2.3.1.1 Peso Unitario (NTP 400.017)

Llamado también peso aparente del agregado, la cual es evaluada por su peso entre el volumen del material.

Según su densificación del material tenemos:

Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

Cuando se ejerce un varillado (compactación) al llenar el recipiente con 25 varilladas en tres capas.

Peso Unitario Suelto (P.U.S.)

Cuando el recipiente es llenado de material en una sola capa sin ejercer sobre el material ninguna presión exterior.

Resultados

Luego de realizar 3 ensayos para cada uno de los pesos unitarios anteriormente mencionados obtenemos los siguientes resultados como promedio volumen del recipiente utilizado $1/10 \text{ pie}^3$.

$$P.U.C. = 1940 \text{ Kg/m}^3$$

$$P.U.S. = 1763 \text{ Kg/m}^3$$

2.3.1.2 Peso Específico (NTP 400.022)

Este parámetro expresa el peso de las partículas del agregado relacionada a un volumen unitario igual al volumen de agua.

Resultados

Luego de realizar 3 ensayos con muestras de 500 gr cada una, el resultado promedio de estos son los siguientes:

- | | |
|---|-------|
| 1. Peso específico de masa (gr/cm^3) | 2.600 |
| 2. Peso específico de masa superficialmente seca (gr/cm^3) | 2.632 |
| 3. Peso específico aparente | 2.686 |

2.3.1.3 Granulometría (NTP 400.012) (ASTM C-33)

Es la distribución continua de los agregados dentro de los límites indicados en la norma con valores retenidos en las mallas N° 4, N°8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100.

Resultados

Luego de realizar 05 ensayos de granulometría en el juego de tamices estandarizados y utilizando un zarandeo mecánico – eléctrico, y ensayando para cada una de las muestras 500 gr se obtuvo los siguientes resultados.

CUADRO N°2.4: ENSAYO GRANULOMETRICO DEL AGREGADO FINO

TAMIZ N°	PESO RETENIDO PROMEDIO (grs)	PORCENTAJE RETENIDO PROMEDIO (%)	PROMEDIO PORCENTAJE RETENIDO ACUM. (%)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)
4	2.92	0.58	0.58	99.42
8	98.68	19.74	20.32	79.68
16	134.70	26.94	47.26	52.74
30	94.92	18.98	66.24	33.76
50	77.74	15.55	81.79	18.21
100	51.72	10.35	92.14	8.86
FONDO	39.32	7.86	100.00	0.00

* Ver cuadro N° 2.3.1.3

2.3.1.4 Modulo de Finura (Norma NTP 400.012) (ASTM C-136)

Es un índice aproximado del tamaño medio de las partículas de los agregados siendo proporcional con el grosor del agregado. Norma 400.012. La Norma ASTM C-136 da valores de módulo de finura para agregado fino de 2.3 a 3.1, se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100, dividido todo entre 100.

Resultados

Calculando con los valores de la Tabla N° 1 del Ensayo Granulométrico obtenemos: M.F. = 3.08.

2.3.1.5 Porcentaje de Absorción (NTP 400.022)

Es el contenido de humedad en el estado saturado superficialmente seco del material, debido a sus características como: porosidad, permeabilidad, etc.

Resultados

Luego de realizar 03 ensayos con muestras de 500 gr cada uno, el resultado promedio que se obtuvo es el siguiente:

% Absorción = 1.235

2.3.1.6 Contenido de Humedad (ASTM C-566)

Es la cantidad de agua que posee el agregado en su estado natural y en un tiempo determinado.

Resultados

Se realizaron 03 ensayos con muestras de 500 gr cada una el resultado promedio que se obtuvo es el siguiente:

Contenido de Humedad (%) = 9.05

2.4 Agregado Grueso de Baritina (NTP 400.037)

Baritina:

Cantera : Cocachacra Carretera Central Km. 45.

2.4.1 Propiedades Físicas

Para la presente investigación se ensayaron las siguientes propiedades:

2.4.1.1 Peso Unitario (NTP 400.017)

Agregado Grueso de Baritina.

Resultados

Luego de realizar 03 ensayos con un recipiente de $\frac{1}{2}$ pie³ de capacidad y siguiendo el mismo procedimiento que la del agregado físico obtenemos los resultados promedios siguientes:

$$P.U.C. = 2081 \text{ Kg/m}^3$$

$$P.U.S. = 1950 \text{ Kg/m}$$

2.4.1.2 Peso Específico (NTP 400.021)

Para calcular el peso específico es necesario previamente seleccionar el material mediante un procedimiento de cuarteo del agregado utilizando los materiales opuestos y desechando los otros dos.

Para el cálculo de esta propiedad existen 02 métodos:

1. Método de la balanza hidrostática.
2. Método por desplazamiento de volumen.

Para nuestro caso hemos utilizado el segundo método por no encontrarse operativo la balanza hidrostática, obteniéndose los siguientes resultados promedio de 03 ensayos:

- | | |
|---|------|
| 1. Peso específico de masa (gr/cm^3) | 3.53 |
| 2. Peso específico de masa superficialmente seca (gr/cm^3) | 3.61 |
| 3. Peso específico aparente (gr/cm^3) | 3.87 |

2.4.1.3 Granulometría (NTP 400.012)

Es la distribución continua por tamaños de las partículas de los agregados.

Resultados

Luego de realizar los 05 ensayos granulométricos en la zaranda mecánica – eléctrica con una muestra de 6850 grs. Se obtuvo el siguiente resultados:

CUADRO N° 2.5: ENSAYO GRANULOMETRICO

AGREGADO GRUESO DE BARITINA

TAMIZ N°	PESO RETENIDO PROMEDIO (grs)	PORCENTAJE RETENIDO PROMEDIO (%)	PROMEDIO PORCENTAJE RETENIDO ACUM. (%)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)
1 1/2"	---	--	--	100
1"	1974.4	29	29	71
3/4"	1893.2	28	57	43
1/2"	1877.4	27	84	16
3/8"	839.8	12	96	4
1/4"	210.6	3	99	1
FONDO	54.6	1	100	0
TOTAL	6.850	100%		

2.4.1.4 Tamaño Máximo (NTP 400.037)

Corresponde a la malla más pequeña por la que pasa toda la muestra de agregado.

Tamaño Máximo = 1 1/2"

2.4.1.5 Tamaño Máximo Nominal (NTP 400.037)

Corresponde a la malla más pequeña que produce el primer retenido.

Tamaño Máximo Nominal = 1”

2.4.1.6 Modulo de Finura (NTP 400.012)

Resultados

Calculado con los valores de la tabla N° 2 de granulometría obtenemos el siguiente resultado.

Modulo de Finura = 7.53

2.4.1.7 Porcentaje de Absorción (NTP 400.021)

Es el contenido de humedad en el estado saturado superficialmente seco (SSS) del agregado, debido a sus características como: porosidad, permeabilidad, etc.

Resultados

Luego de realizar 03 ensayos con muestras de 500 grs. por facilidad del ensayo en la capacidad de la probeta.

% Absorción = 2.49

2.4.1.8 Contenido de Humedad (NORMA ASTM-566)

Es la unidad de agua que posee el material en su estado natural.

Resultados

Se realizaron 03 ensayos con muestras de 1 Kg cada ensayo.

Contenido de Humedad = 0.55%

**CUADRO N° 2.6 : RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS
DE LOS AGREGADOS**

PROPIEDADES FISICAS	UNIDAD	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO DE BARITINA
Peso Unitario Suelto (PUS)	Kg/m ³	1763	1950
Peso Unitario Compactado (PUC)	Kg/m ³	1940	2081
Peso Específico de Masa	gr/cm ³	2.600	3.53
Peso Específico de masa (SSS)	gr/cm ³	2.632	3.61
Peso Específico Aparente	gr/cm ³	2.686	3.87
Módulo de Finura	---	3.08	7.53
Absorción	%	1.235	2.49
Contenido de Humedad	%	9.05	0.55
Tamaño Máximo Nominal	Pulgadas	---	1

2.5 AGREGADO GLOBAL

2.5.1 Definición

Se define como agregado global al material conformado por agregado fino y agregado grueso proveniente de la desintegración mecánica o artificial de las rocas, el mismo que debe estar en proporciones adecuadas y cumplir las especificaciones para su uso en el diseño de mezclas de concreto. Para su obtención se mezcla arena y baritina en proporciones diferentes tratando de obtener el máximo peso específico, consiguiendo así la menor cantidad de vacíos, lo cual generara un menor uso en pasta de cemento por lo consiguiente mezclas mas económicas.

Este criterio no es del todo cierto, por cuanto el concreto óptimo depende de otras propiedades tales como: resistencia, trabajabilidad,

consistencia, exudación, segregación, cohesividad, etc. los cuales no siempre se cumplen con mezclas de máximo peso específico.

2.5.2 Determinación del Máximo Peso Unitario Compactado del Agregado Global

El peso unitario máximo de la combinación de agregado es referencial pero nos permite hallar intervalos de variación confiable dentro de los cuales se puede definir la proporción ideal para combinar los agregados.

Para la determinación del máximo peso unitario compactado de la combinación de agregado se ha realizado el ensayo para 5 proporciones de mezcla y para cada relación se efectuó tres ensayos de P.U.C., de los cuales se toma el peso unitario promedio como valor representativo del ensayo, para cada relación.

CUADRO N° 2.7: MÁXIMO PESO UNITARIO

Mezcla N°	Agregado		Peso Unitario Compactado del Agregado Global			Peso Unitario Promedio (Kg/m ³)
	Fino (%)	Grueso (%)	M-1	M-2	M-3	
1	40	60	2415	2401	2408	2408
2	45	55	2592	2627	2585	2601
3	50	50	2309	2309	2331	2316
4	55	45	2338	2359	2359	2352
5	60	40	2246	2225	2246	2239

En el Cuadro N° 2.7 se muestran los pesos unitarios promedios para cada relación de la combinación de agregados, y luego se representan en la Grafica N° 2.5.2 – Anexo I, la cual se aprecia la

tendencia de las mezclas, hacia el máximo valor de peso unitario compactado del agregado global.

Del análisis del gráfico N° 2.5.2 Anexo I, se determina que el máximo valor del peso unitario compactado de la mezcla de agregado, se obtiene combinando del (42 – 45%) del agregado fino y (55 – 58%) del agregado grueso de baritina.

Realizaremos diseño de mezclas de pruebas para determinar, la proporción ideal de agregados; para tal fin, del intervalo de confianza determinado del gráfico 2.5.2 Anexo I, evaluaremos las siguientes relaciones de agregados:

Arena (%)	Baritina (%)
42	58
45	55
48	52

Consideraciones

- Inicialmente aproximamos el volumen de agua, para asentamiento entre 3” – 4”.
- Para las proporciones de agregados escogidos (42,58); (45,55) y (48,52) en porcentaje de arena y baritina respectivamente, utilizando la relación $a/c = 0.45$.
- Se vaciaron 03 probetas para cada relación de agregados evaluando su resistencia en compresión a los 7 días con la cual se determina que la relación de agregados a utilizar en los diseños

será de $A/B=45/55$; los resultados se presentan en el Cap. 3.00
Enciso 3.06 Gráfico 3.0.11.

2.5.3 Determinación de la Granulometría del Agregado Global para $A/B=45/55$.

Según la norma, se establecen requisitos mínimos para los agregados fino y grueso, con el objeto de considerarlos óptimos para emplearlo en mezclas de concreto, estas condiciones mínimas son controlados mediante los usos granulométricos que representan los rangos dentro de los cuales debe estar comprendida la granulometría del agregado de interés.

El control mediante los usos granulométricos para cada agregado (arena y baritina) no garantiza que la granulometría de la mezcla cumplirá los requisitos para la obtención de un buen concreto; por cuando se ha comprobado que al evaluar individualmente la baritina y la arena con estos husos y obteniendo los denominados agregados bien graduados, sin embargo cuando son mezclas, la granulometría del conjunto no cae dentro del rango establecido.

También se presentan casos de agregados que no entran en los husos granulométricos cuando son evaluados separadamente, y que sin embargo cuando son mezclados adecuadamente nos proporciona una distribución eficiente de partículas.

El cálculo y los resultados se presentan en los cuadros N° 2.5.3.2, Anexo I.

2.6 AGUA DE DISEÑO EN EL CONCRETO

2.6.1 Agua de Mezcla

El agua usada en la fabricación de mezclas de concreto debe cumplir los requisitos establecidos en la Norma antes mencionada y preferentemente agua potable.

Asimismo toda agua que es apta para consumo humano, y que sea inodora o insípida es buena para la preparación de mezclas de concreto.

El agua usado en mezclas de concreto debe estar libre de **ÁLCALIS**, sustancias orgánicas y no poseer sedimentos en cantidad excesiva.

2.6.2 Importancia del Contenido de Agua

El agua de mezclado (agua total) siempre es mayor que la requerida para la hidratación del cemento, esto por razones de trabajabilidad de la mezcla. Normalmente el 28% en peso del mismo.

Como consecuencia de lo antes expuesto se tiene: las mezclas con alta relación agua-cemento, contienen mas agua sin hidratar (agua libre) que aquellos que tiene baja relación agua-cemento.

Esto también influye en la porosidad ya que el agua libre ocupa espacios que luego se transforman en poros capilares.

Entonces las mezclas de alta relación agua-cemento es mas porosa que las mezclas de baja relación agua-cemento (mezclas ricas).

2.6.3 Principales Funciones del Agua en la Mezcla

Dentro de las principales funciones que cumple el agua de mezcla en el concreto tenemos:

- Reacciona con el cemento en el proceso de hidratación.
- Funciona como lubricante, mejorando la trabajabilidad y acomodo del conjunto.
- Ocupa espacios (vacíos) necesarios en la pasta que luego se transforman los poros capilares, permitiendo que la hidratación sea completa.

2.6.4 Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado del Concreto

Del agua de mezcla ya se ha descrito sus características y requisitos que debe cumplir.

En lo referente el agua de curado, casi siempre se usa la misma fuente del agua de mezcla, pero en general el agua de curado debe de cumplir los mismos requisitos exigidos para el agua de mezcla.

Según la Norma NTP 339.088

El siguiente cuadro muestra los límites permisibles para el agua de mezcla y curado del concreto.

**CUADRO N° 2.8 : LIMITES PERMISIBLES DEL AGUA DE MEZCLA
Y CURADO DEL CONCRETO**

SUSTANCIA	LIMITE PERMISIBLE	CONCENTRACIÓN
Sólidos en Suspensión	5000 max	ppm
Materia Orgánica	3 max	ppm
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000 max	ppm
Sulfato (SO ₄)	600 max	ppm
Cloruro (OL)	1000 max	ppm
pH	5 - 8	ppm

CAPITULO III

DISEÑO DE MEZCLA

3.1 INTRODUCCION

El concreto como parte fundamental de la investigación es una mezcla de cemento Pórtland, agregado grueso, agregado fino, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, principalmente la resistencia en este caso el agregado grueso va a tener una particularidad en la mezcla por cuanto se trata de un agregado natural de baritina.

El concreto en su fase inicial al estado fresco es una mezcla plástica heterogénea adquiriendo a través del tiempo una estructura sólida con características geométricas y de resistencia predeterminadas.

3.2 MÉTODO DE DISEÑO

Los métodos de dosificación de mezclas están basados fundamentalmente por aspectos técnicos lo cual nos permiten tener disponibilidad de materiales por sus costos y requisitos de acabado y colocado de concreto del mismo modo si consideramos las propiedades al estado endurecido como resistencia, durabilidad e inalterabilidad de volumen.

Dentro de los métodos técnicos existentes contamos con:

- ◆ El Método del ACI
- ◆ El método del Agregado Global
- ◆ El Método del Peso Unitario

Todos estos métodos están basados en la unidad del m³ en la presente investigación se ha utilizado el Método del Agregado Global.

3.3 CRITERIOS BÁSICOS

El concreto como parte fundamental de toda obra de ingeniería debe cumplir con la calidad, características, propiedades indicadas y especificaciones de obra.

El ingeniero debe considerar que el proceso de selección de las proporciones de la mezcla no es un procedimiento empírico, sino que responde a normas y procedimientos matemáticos, el uso de tablas, gráficos y la experiencia del diseñador.

En todo momento debe recordarse que el proceso de diseño de una mezcla de concreto comienza con la lectura de las especificaciones técnicas de obra y termina cuando se produce en la misma el concreto de la calidad requerida.

La selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto deberá permitir que alcance a los 28 días o a la edad seleccionada, la resistencia en compresión promedio elegida.

La selección de las proporciones de la mezcla deberá ser para valores en peso.

El criterio de diseño utilizado ha sido el de la mejor combinación de los agregados, que fue evaluado mediante la determinación del máximo peso unitario compactado de la mezcla de agregados, cuyos porcentajes de variación oscilan entre los valores de (42-45%) de agregado fino y (55-58%) del agregado grueso baritina.

3.4 DISEÑO DE MEZCLAS, PARA CONCRETO EN ESTUDIO

La selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, conocida como diseño de mezcla, puede ser definida

como un proceso de selección de los materiales más adecuados y de la combinación más económica y conveniente de estos con el fin de obtener un concreto que al estado fresco y al estado endurecido tenga la trabajabilidad, consistencia y resistencia cumplan con todos los requisitos establecidos por el diseñador y por las especificaciones técnicas.

Para obtener un concreto de mayor resistencia esta debe ser consolidada para minimizar los vacíos de aire a fin de lograr una masa compacta y homogénea mediante la compactación mecánica (varillado) como se hizo en todas y cada una de las probetas en la presente investigación.

En este capítulo se van a realizar los diseños de mezclas para las relaciones agua / cemento ya establecidas de $a/c = 0.40, 0.45, 0.5$, para los siguientes casos:

1. Concreto con Agregado Grueso Baritina.
2. Concreto Normal (solo para comparación).

Se va a tomar como diseño base el que obtenga el mayor valor $f'c$ en el Ensayo de Resistencia a la Compresión a los 7 días, el valor de la relación de agregados de este diseño se va a mantener constante para cada una de las relaciones $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 .

3.5 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

En el presente procedimiento de diseño de mezclas de concreto comprenderá una secuencia de pasos lógicos que fueron verificados, evaluado y corregidos en el laboratorio mediante mezclas de prueba.

3.6 PASOS SEGUIDOS PARA EL DISEÑO DE PRUEBA

1. Selección del asentamiento (slump).
2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
3. Determinación de la cantidad de agua de mezclado y contenido de aire.

4. Selección de la relación agua / cemento.
5. Determinación del contenido de cemento.
6. Selección de la relación de agregado fino – agregado grueso.
7. Ajustes por contenido de humedad de los agregados.
8. Determinación de pesos secos de los agregados.
9. Número de diseños.
10. Ajuste en la mezcla de prueba.
11. Determinación de las proporciones finales.

1.0. Selección del asentamiento

El asentamiento a emplearse, para todas las mezclas de prueba va a ser el que corresponde a mezclas de consistencia plástica, que tiene valores entre 3” – 4”.

2.0. Selección del tamaño máximo nominal del Agregado Grueso de Baritina

Según la granulometría del Agregado Grueso, el tamaño Máximo Nominal es de 1 ½”.

3.0. Determinación de la cantidad de agua de mezclado y contenido de aire

- ◆ El volumen de agua inicial, que se va a utilizar es de 280 lts/m³.
- ◆ El contenido de aire atrapado asumido es de 1.5%.

4.0. Relación agua / cemento

Se ha establecido tres relaciones de agua-cemento para la presente tesis a/c = 0.40, 0.45, 0.50.

5.0. Determinación del contenido de cemento

El contenido de cemento, se va a determinar de acuerdo a cada relación agua – cemento.

6.0. Ajustes por contenido de humedad de los agregados

Las cantidades de agregado que deben pesarse para preparar el concreto, deben considerar la humedad de ellos, para trabajar con los pesos correctos.

7.0. Determinación de los pesos secos de los agregados

Los pesos secos de los agregados se van a determinar luego de conocer los volúmenes de los agregados grueso y fino.

8.0. Número de diseños

En la presente investigación fue necesario hacer ciertas cantidades de diseños hasta que la mezcla reúna las características deseadas de asentamiento y trabajabilidad.

9.0. Ajuste en la mezcla de prueba

Se deben verificar las proporciones calculadas de las mezclas por medio de mezclas de prueba, preparadas y probadas de acuerdo a la Norma ASTM C-192

“STANDARD METHOD OF MAKING AND CURING CONCRETE TEST SPECIMENS IN THE LABORATORY”.

10.0. Determinación de las proporciones finales

Las proporciones finales se hacen, para una mezcladora estacionaria tipo trompo con capacidad de 54 Kg los porcentajes de arena y piedra que se van a utilizar en los diseños de mezcla son:

CUADRO N° 3.1 : PROPORCIONES FINALES

Arena (%)	Piedra (%)
42	58
45	55
48	52

Primeramente se van a realizar diseño de mezclas de pruebas, utilizando inicialmente la relación de agregado fino / grueso baritina de 45/55 y la relación agua – cemento de 0.45 de la misma forma se va a proceder para las relaciones de agregado fino y grueso baritina de 42/58 y 48/52, manteniendo constante la relación $a/c = 0.45$ para cada mezcla de prueba que nos proporciones valores de asentamiento entre 3” y 4” se van a preparar y curar tres probetas, siguiendo el procedimiento establecido en la Norma ASTM C-192, posteriormente las probetas van a ser ensayadas por Resistencia a la Compresión de acuerdo a la Norma ASTM C-39, la edad de ensayo para las probetas ha sido de 7 días.

A continuación presentamos el diseño de mezcla para la relación de agregados 45/55 y relación de agua / cemento $a/c = 0.45$ se realiza el diseño utilizando como primer valor de aproximación la cantidad de 280 litro e agua con el fin de obtener el asentamiento requerido. De no obtener el valor deseado de asentamiento se proseguirá diseñando mezclas de prueba.

Adicionales que van a dar valores distintos de asentamiento, seguidamente estos valores van a ser representados en un gráfico donde por interpolación se obtendrá el volumen de agua requerido que nos permita obtener mezclas plástica con asentamiento entre 3” – 4”.

Puede darse el caso que los asentamientos buscados sea obtenido con la primera aproximación en la cantidad de agua de diseño sin realizar ajustes en el contenido de agua para la mezcla de prueba.

3.7 DISEÑO DE MEZCLA

Consideraciones:

Asentamiento (3" – 4") Mezclas Plásticas

Tamaño Nominal Máximo = 1 ½".

Cemento: Portland Tipo I Sol

Peso específico del cemento Sol Portland Tipo I = 3.11 gr/cm³

Peso específico: 3.11 gr/cm³

♦ Agregado fino (arena)

Peso específico (SSS), (gr/cm³) : 2.632

Contenido de humedad (%) : 9.05

Porcentaje de absorción (%) : 1.235

♦ Agregado grueso (baritina)

Peso específico (SSS), (gr/cm³) : 3.610

Contenido de humedad (%) : 0.55

Porcentaje de absorción (%) : 2.49

Ejemplo:

- Relación (agua/cemento) : a/c = 0.45

- Relación (arena/baritina) : A/B = 45/55

- Porcentaje de aire atrapado : (%) = 1.5

- Volumen de agua neta de mezcla : 280 lts/m³

1. Determinación del Contenido de Cemento

Para la relación a/c = 0.45 y Agua = 280 lts/m³

Cemento = 280/0.45 = 622 Kg/m³

2. Calculo de los pesos secos de los agregados

CUADRO N° 3.2 : PESOS SECOS

Materiales	Peso Seco (Kg/m ³)	Volumen Absoluto (m ³)
Cemento	622/3110	0.200
Agua	280/1000	0.280
Arena	597/2632	0.227
Baritina	1003/3610	0.278
% Aire	1.5/100	0.015
		0.495

3. Volumen total de agregados = 1 – 0.495 = 0.505

$$A/B = 45/55 \Rightarrow 0.505 \begin{cases} 0.45 & = 0.227, (V.A.) \\ 0.55 & = 0.278, (V.B.) \end{cases}$$

Arena seca (A_s) = 0.227 x P_e Arena = 0.227 x 2632 = 597 Kg/m³

Baritina seca (B_s) = 0.278 x P_e Baritina = 0.278 x 3610 = 1003 Kg/m³

Donde:

V.A. = Volumen Absoluto de Arena

V.B. = Volumen Absoluto de Baritina

Pe. A. = Peso Específico de la Arena (SSS)

Pe. B. = Peso Específico de la Baritina (SSS)

As = Peso de arena seca

Bs = Peso de baritina seca

4. Diseño Unitario Seco (DUS)

Cemento	:	622/622	=	1
Agua	:	280/622	=	0.450
Arena	:	597/622	=	0.960
Baritina	:	1003/622	=	1.613

5. Diseño de Obra (D.O.)

Primera corrección de agregados

$$A_o = 597 \times (1 + \text{CH. Arena}/100) = 597 \times (1 + 9.05/100) = 651 \text{ Kg/m}^3$$

$$B_o = 1003 \times (1 + \text{CH. Baritina}/100) = 1003 \times (1 + 0.55/100) = 1009 \text{ Kg/m}^3$$

6. Corrección del Agua

$$A_o = A_s \times (\text{CH. Arena} - \% \text{Absorción Arena})/100 = 597 \times (9.05 - 1.235)/100$$

$$B_o = B_s \times (\text{CH. Baritina} - \% \text{Absorción Baritina})/100 = 1003 \times (0.55 - 2.49)/100$$

$$A_o = 47 \text{ lt.}$$

$$: \quad \text{Corrección} = 47 - 20 = 27 \text{ lts.}$$

$$B_o = -20 \text{ lts.}$$

Por lo tanto el agua de diseño será: $280 - 27 = 253 \text{ lts./m}^3$

Donde: C.H. Arena: Contenido Humedad Arena

C.H. Baritina: Contenido Humedad Baritina

Nota: Cuando la corrección es positiva disminuir agua.

Cuando la corrección es negativa aumentar agua.

7. Luego el diseño de obra (D.O.) será:

Cemento	:	622 Kg/m ³
Agua	:	253 Lts/m ³
Arena	:	651 Kg/m ³
Baritina	:	1009 Kg/m ³

8. Diseño Unitario de Obra (D.U.O.)

Cemento	:	622/622	=	1
Agua	:	253/622	=	0.407
Arena	:	651/622	=	1.047
Baritina	:	1009/622	=	<u>1.622</u>
				4.076

9. Peso por tanda (Mezcladora de 54 Kg)

Volumen de mezcladora $\cong 0.036 \text{ m}^3$

Por lo tanto: $\frac{54 \text{ Kg.}}{4.076} = 13.25$

Luego los pesos por tanda se obtiene de la siguiente manera:

Cemento	:	13.25 x 1	=	13.25
Agua	:	13.25 x 0.407	=	5.39
Arena	:	13.25 x 1.047	=	13.87
Baritina	:	13.25 x 1.622	=	<u>21.49</u>

54.00 Kg.

Obteniendo de esta manera un asentamiento luego de mezclado de 4 ¼” lo que nos indica que debemos de disminuir el agua de mezclado para obtener un agua de diseño que nos dé un asentamiento entre (3” – 4”)

CUADRO N° 3.0.0

10° Mezclas de Prueba con Agregado Grueso de Baritina

DETERMINACIÓN DEL AGUA DE DISEÑO

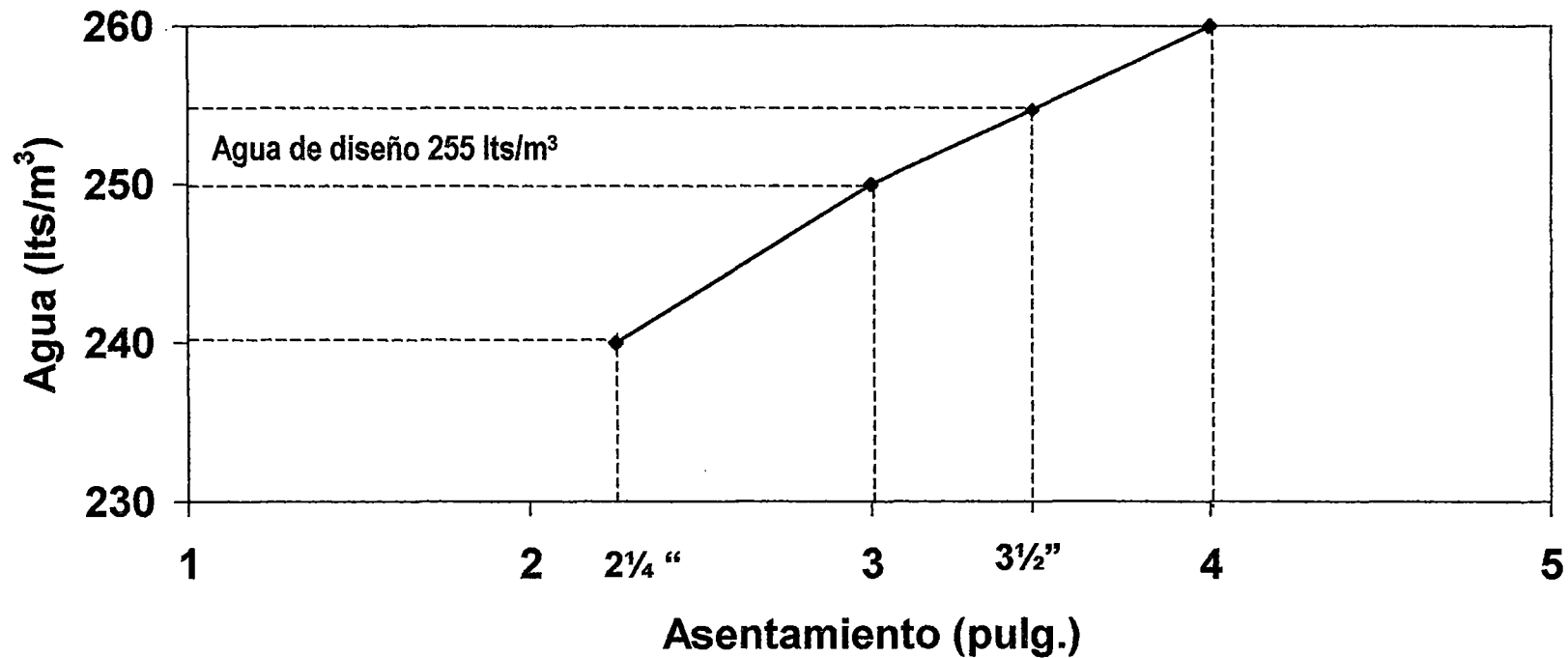
A/B = 42/58 a/c = 0.45 a = 240 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	533	0.171	1	533	1	10.874
Agua	240	0.240	0.450	214	0.402	4.371
Arena (42%)	634	0.241	1.189	691	1.296	14.093
Baritina (58%)	1202	0.333	2.255	1209	2.268	24.662
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.426			4.966	54.00
ASENTAMIENTO = 2 ¼”						
A/B = 42/58 a/c = 0.45 a = 250 lts/m ³						
Cemento	556	0.179	1	556	1	11.453
Agua	250	0.250	0.450	225	0.405	4.637
Arena (42%)	616	0.234	1.108	672	1.209	13.847
Baritina (58%)	1162	0.322	2.09	1168	2.101	24.063
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.444			4.715	54.00
ASENTAMIENTO = 3”						
A/B = 42/58 a/c = 0.45 a = 260 lts/m ³						
Cemento	578	0.186	1	578	1	12.538
Agua	260	0.260	0.450	234	0.405	5.078
Arena (42%)	595	0.226	1.029	649	1.123	14.08
Baritina (58%)	1022	0.354	1.768	1028	1.779	22.304
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.461			4.307	54.00
ASENTAMIENTO = 4”						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

GRAFICO N° 3.0.1
(Ver cuadro N° 3.0. 0)

$A/B = 42/58$

$a/c = 0.45$



CUADRO N° 3.0.2

11° Mezclas de Prueba con Agregado Grueso de Baritina

DETERMINACIÓN DEL AGUA DE DISEÑO

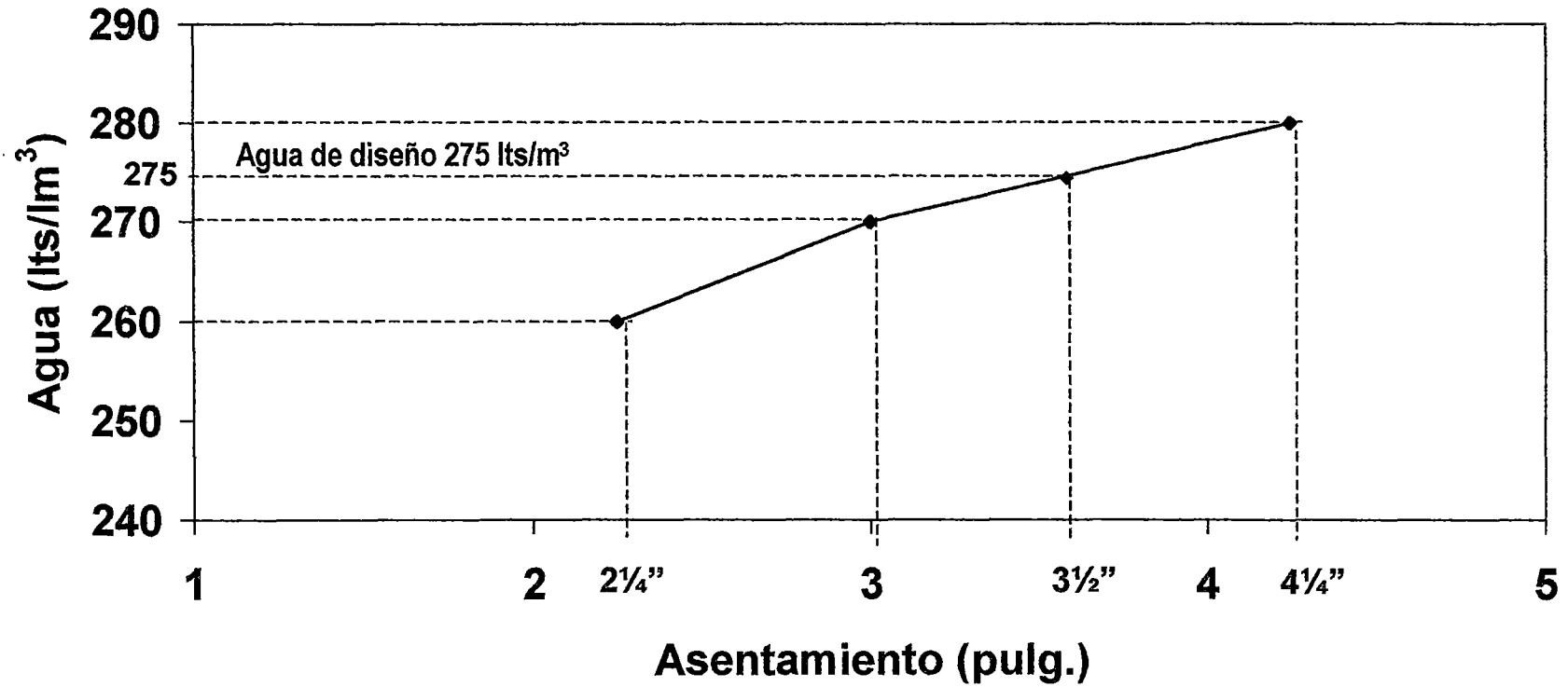
A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 260 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	578	0.185	1	578	1	12.050
Agua	260	0.260	0.450	231	0.4	4.820
Arena (45%)	640	0.243	1.107	698	1.208	14.580
Baritina (55%)	1072	0.297	1.855	1079	1.867	22.540
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.460			4.475	54.00
ASENTAMIENTO = 2 ¼"						
A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 270 lts/m ³						
Cemento	600	0.192	1	600	1	12.65
Agua	270	0.270	0.450	242	0.403	5.060
Arena (45%)	619	0.235	1.03	675	1.125	14.30
Baritina (55%)	1040	0.288	1.73	1046	1.743	22.00
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.477			4.271	54.00
ASENTAMIENTO = 3"						
A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 280 lts/m ³						
Cemento	622	0.199	1	622	1	13.229
Agua	280	0.280	0.450	253	0.407	5.384
Arena (45%)	600	0.228	0.965	654	1.051	13.904
Baritina (55%)	1004	0.278	1.614	1010	1.624	21.484
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.494			4.082	54.00
ASENTAMIENTO = 4 ¼"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

GRAFICO N° 3.0.3
(Ver cuadro N° 3.0. 2)

A/B = 45/55

a/c = 0.45



CUADRO N° 3.0.4

12° Mezclas de Prueba del Concreto con Agregado Grueso de Baritina

DETERMINACIÓN DEL AGUA DE DISEÑO PARA A/B = 48/52

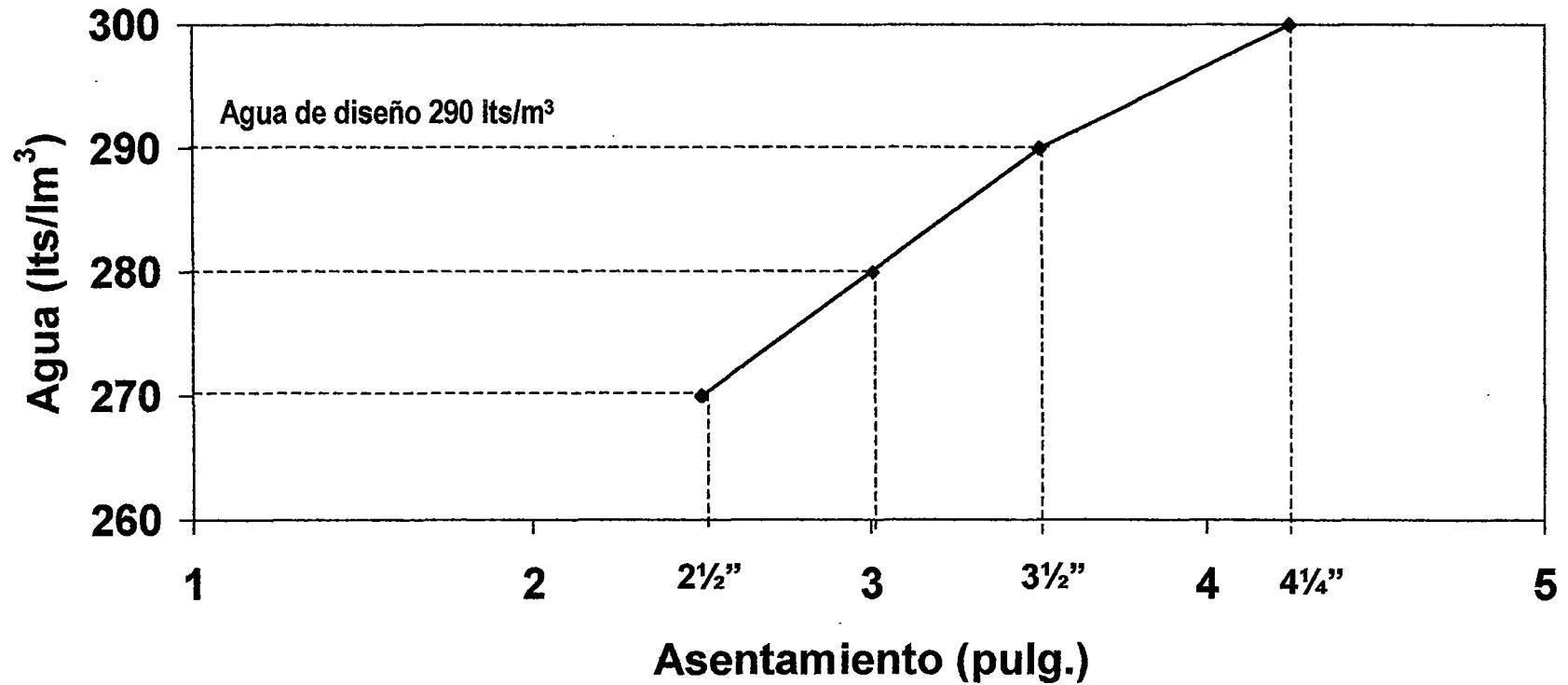
A/B = 48/52 a/c = 0.45 a = 270 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	600	0.192	1	600	1	12.736
Agua	270	0.270	0.45	237	0.395	5.031
Arena (48%)	661	0.251	1.10	721	1.200	15.283
Baritina (52%)	982	0.272	1.64	987	1.645	20.950
Aire	(1.5%)	0.015				
		0.477			4.24	54.00
ASENTAMIENTO = 2 ½"						
A/B = 48/52 a/c = 0.45 a = 290 lts/m ³						
Cemento	644	0.206	1	644	1	13.90
Agua	290	0.290	0.450	260	0.404	5.617
Arena (48%)	619	0.235	0.961	675	1.048	14.570
Baritina (52%)	917	0.254	1.424	922	1.432	19.910
Aire	(1.5%)	0.015				
		0.511			3.884	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 48/52 a/c = 0.45 a = 300 lts/m ³						
Cemento	667	0.214	1	667	1	14.331
Agua	300	0.300	0.450	271	0.406	5.818
Arena (48%)	595	0.226	0.892	649	1.028	14.733
Baritina (52%)	885	0.245	1.327	890	1.334	19.118
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.529			3.768	54.00
ASENTAMIENTO = 4 ¼"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

GRAFICO N° 3.0.5
(Ver cuadro N° 3.0.4)

$A/B = 48/52$

$a/c = 0.45$



CUADRO N° 3.0.6

13° Diseño de Mezclas de Prueba

A/B = 42/58 a/c = 0.45 a = 255 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	567	0.182	1.000	567	1.00	11.731
Agua	255	0.255	0.450	229	0.404	4.740
Arena (42%)	605	0.230	1.067	660	1.164	13.655
Baritina (58%)	1148	0.318	2.025	1154	2.035	23.874
Aire (1.5%)	(1.5%)					
					4.603	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 275 lts/m ³						
Cemento	611	0.196	1.000	611	1.000	12.950
Agua	275	0.275	0.450	246	0.403	5.219
Arena (45%)	605	0.231	0.995	663	1.085	14.050
Baritina (55%)	1148	0.283	1.673	1028	1.682	21.781
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.486			4.170	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 48/52 a/c = 0.45 a = 290 lts/m ³						
Cemento	644	0.206	1	644	1	13.903
Agua	290	0.290	0.450	260	0.404	5.617
Arena (48%)	619	0.235	0.961	675	1.048	14.570
Baritina (52%)	917	0.254	1.424	922	1.432	19.910
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.511			3.884	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

CUADRO N° 3.0.8

14° Ensayo de Resistencia a la Compresión Mezcla de Prueba

EDAD : 7 DÍAS

ARENA/BARITINA A/B	DIMENSIONES (cm)	CARGA MÁXIMA (Kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	PROMEDIO RESIST. COMP. (Kg/cm ²)
42/58	14.9	56.600	174	325	324
	14.9	57.000	174	328	
	14.9	55.700	174	320	
45/55	14.9	48.100	174	276 (*)	335
	14.9	56.600	174	325	
	14.9	59.900	174	344	
48/52	14.9	43.600	174	251 (*)	326
	14.9	56.600	174	325	
	14.9	56.800	174	326	

(*) Valores de resistencia no considerados en el promedio.

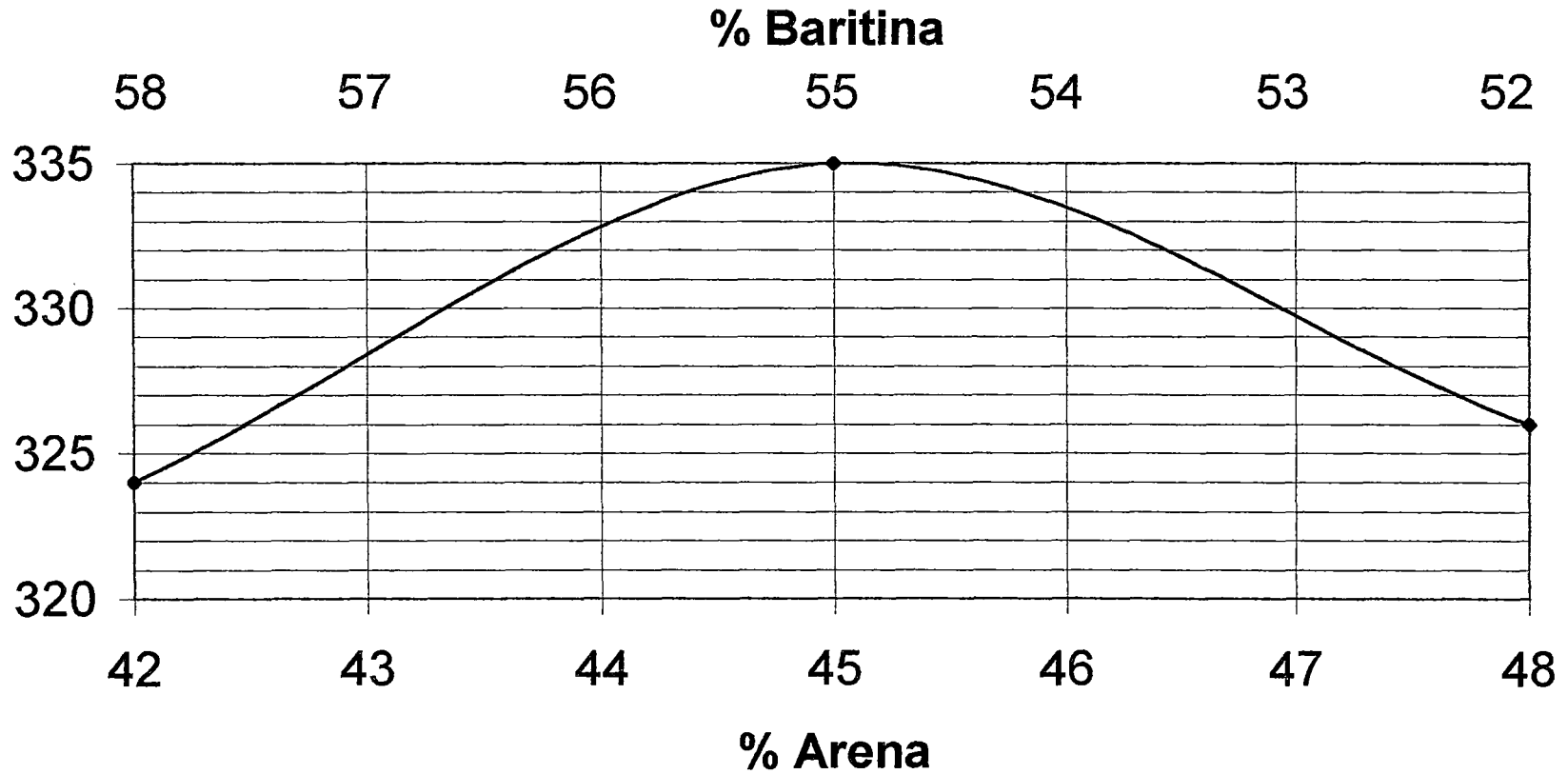
Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

CUADRO N° 3.0.9 : ASENTAMIENTO

a/c = 0.45	A/B	AGUA DE DISEÑO (lts/m ³)	ASENTAMIENTO (pulg.)
	42/58	255	3 ½"
	45/55	275	3 ½"
	48/52	290	3 ½"

15. Obteniendo los diseños finales de Mezcla, con los valores de Asentamiento mostrados en el cuadro N° 3.0.9 se procedió a la preparación de las probetas cilíndricas según Norma ASTM C-192 las mismas que fueron ensayadas a la edad de 7 días según Normas ASTM C-39.

GRAFICO N° 3.0.11
(Ver cuadro N° 3.0.10)
Ensayo de Resistencia a la compresión a los 7 días



**CUADRO N° 3.0.10 : CUADRO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
EDAD: 7 DÍAS**

a/c	A/B	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg./cm ²)			PROMEDIO DE RESISTENCIA (Kg./cm ²)
		P1	P2	P3	
0.45	42/58	325	328	320	324
	45/55	* 276	325	344	335
	48/52	* 251	325	326	326

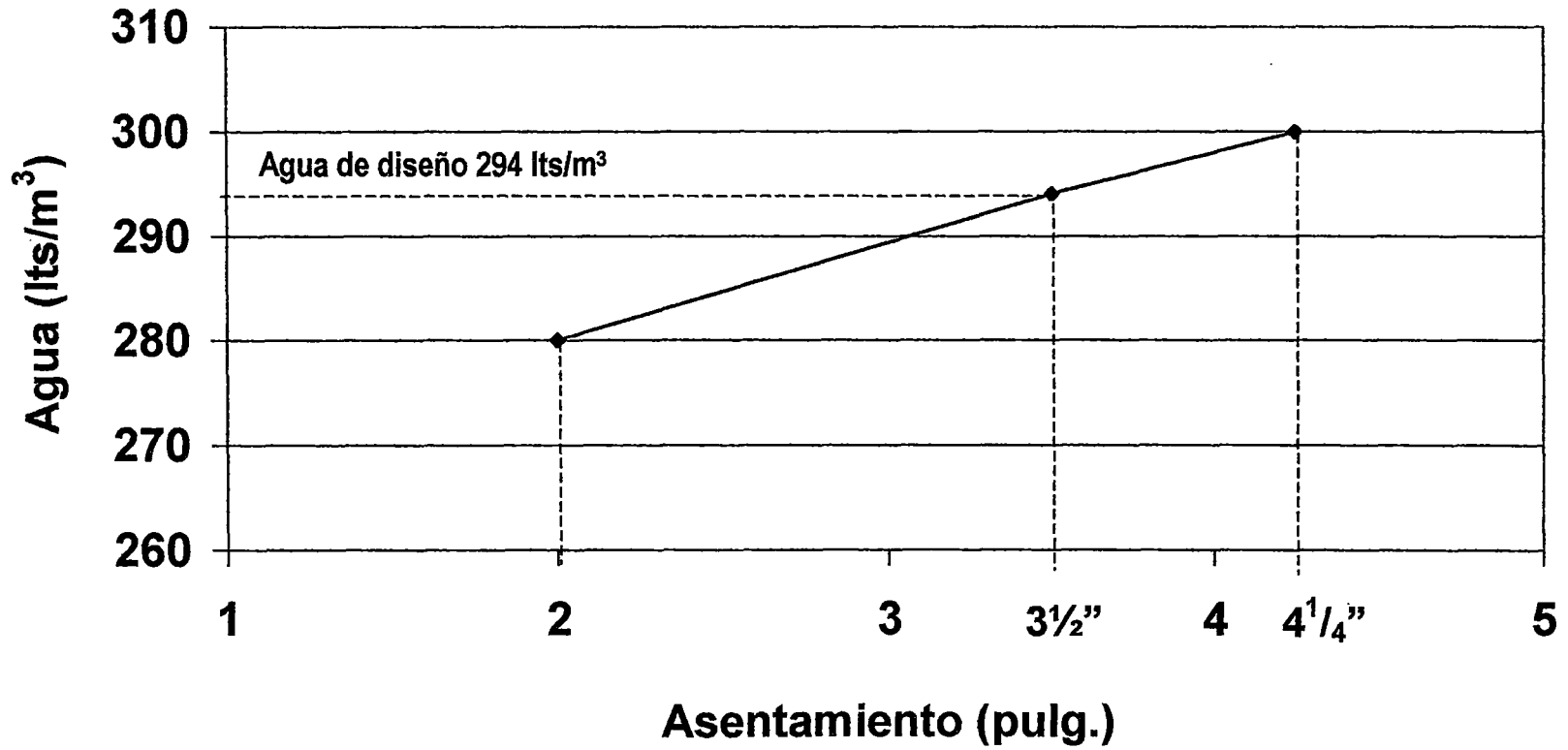
* Valores no tomados en cuenta en el promedio.

16. Los valores del cuadro N° 3.0.10 son representados en el gráfico N° 3.0.11 donde se observa que el máximo valor de la resistencia a la compresión corresponde a los porcentajes de arena 45% y 55% de baritina.

Este valor obtenido de la relación de agregados arena / baritina = 45/55, va a ser mantenido constante en los diseños de mezcla para el concreto con Agregado Grueso de Baritina en estudio de las relaciones agua / cemento de 0.40 y 0.50.

17. Para el cálculo del diseño de mezclas finales seguiremos el mismo procedimiento que para el diseño de mezcla de prueba obteniendo así el agua de diseño finales para cada relación de agua / cemento a/c = 0.40, 0.45, 0.50 manteniendo constante la relación granulométrica A/B = 45/55.

GRÁFICO N° 3.0.11
(Ver cuadro N° 3.0.11)
 $a/c = 0.40$



CUADRO N° 3.0.11

18° Diseños de Mezcla Patrón con Agregado Grueso de Baritina

A/B = 45/55 a/c = 0.40 a = 280 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	700	0.224	1.000	700	1.000	14.921
Agua	280	0.280	0.400	252	0.360	5.372
Arena (45%)	571	0.217	0.816	623	0.890	13.280
Baritina (55%)	953	0.264	1.361	958	1.369	20.427
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.519			3.619	54.00
ASENTAMIENTO = 2"						
A/B = 45/55 a/c = 0.40 a = 294 lts/m ³						
Cemento	735	0.235	1.000	735	1.000	15.85
Agua	294	0.294	0.40	269	0.366	5.803
Arena (45%)	540	0.205	0.735	589	0.801	12.700
Baritina (55%)	906	0.251	1.233	911	1.239	19.643
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.544				54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 45/55 a/c = 0.40 a = 300 lts/m ³						
Cemento	750	0.239	1.000	750	1	16.26
Agua	300	0.300	0.400	275	0.367	5.967
Arena (45%)	529	0.201	0.705	577	0.769	12.504
Baritina (55%)	884	0.245	1.179	889	1.185	19.268
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.554			3.321	54.00
ASENTAMIENTO = 4 ¼"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

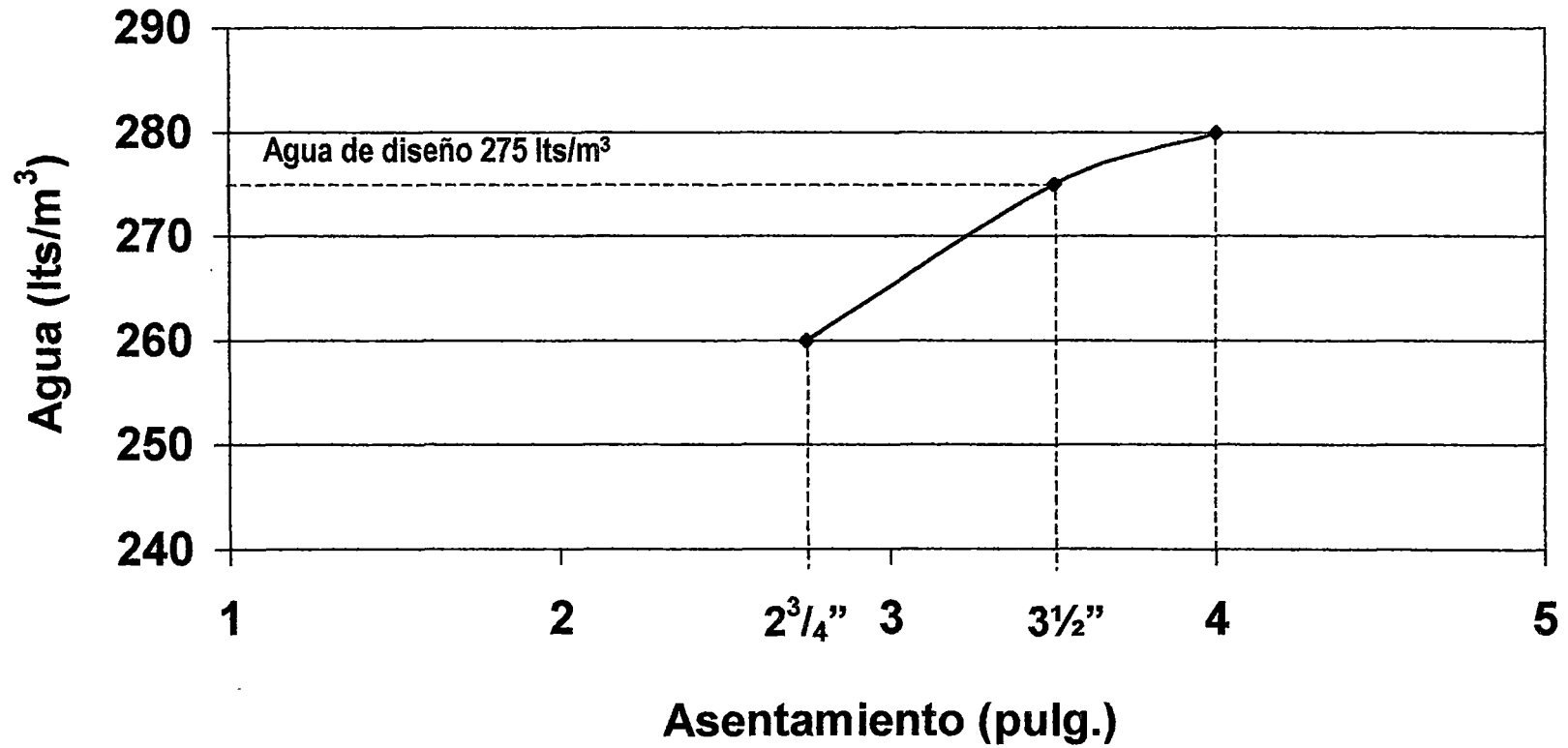
CUADRO N° 3.0.12

19° Diseño de Mezcla Patrón con Agregado Grueso de Baritina

A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 260 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	578	0.185	1.000	578	1.000	12.050
Agua	260	0.260	0.450	231	0.400	4.820
Arena (45%)	640	0.243	1.107	698	1.208	14.580
Baritina (55%)	1072	0.297	1.855	1079	1.867	22.540
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.460			4.475	54.00
ASENTAMIENTO = 2 ¾"						
A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 275 lts/m ³						
Cemento	611	0.195	1.000	611	1.000	12.930
Agua	275	0.275	0.450	247	0.404	5.223
Arena (45%)	611	0.232	1.000	666	1.090	14.092
Baritina (55%)	1022	0.283	1.673	1028	1.683	21.758
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.485			4.177	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 280 lts/m ³						
Cemento	622	0.199	1	622	1	13.229
Agua	280	0.280	0.450	253	0.407	5.384
Arena (48%)	600	0.228	0.965	654	1.051	13.904
Baritina (52%)	1004	0.278	1.614	1010	1.624	21.484
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
					4.082	54.00
ASENTAMIENTO = 4"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

GRÁFICO N° 3.0.12
(Ver cuadro N° 3.0.12)
 $a/c = 0.45$



CUADRO N° 3.0.13

20° Diseños de Mezcla Patrón con Agregado Grueso de Baritina

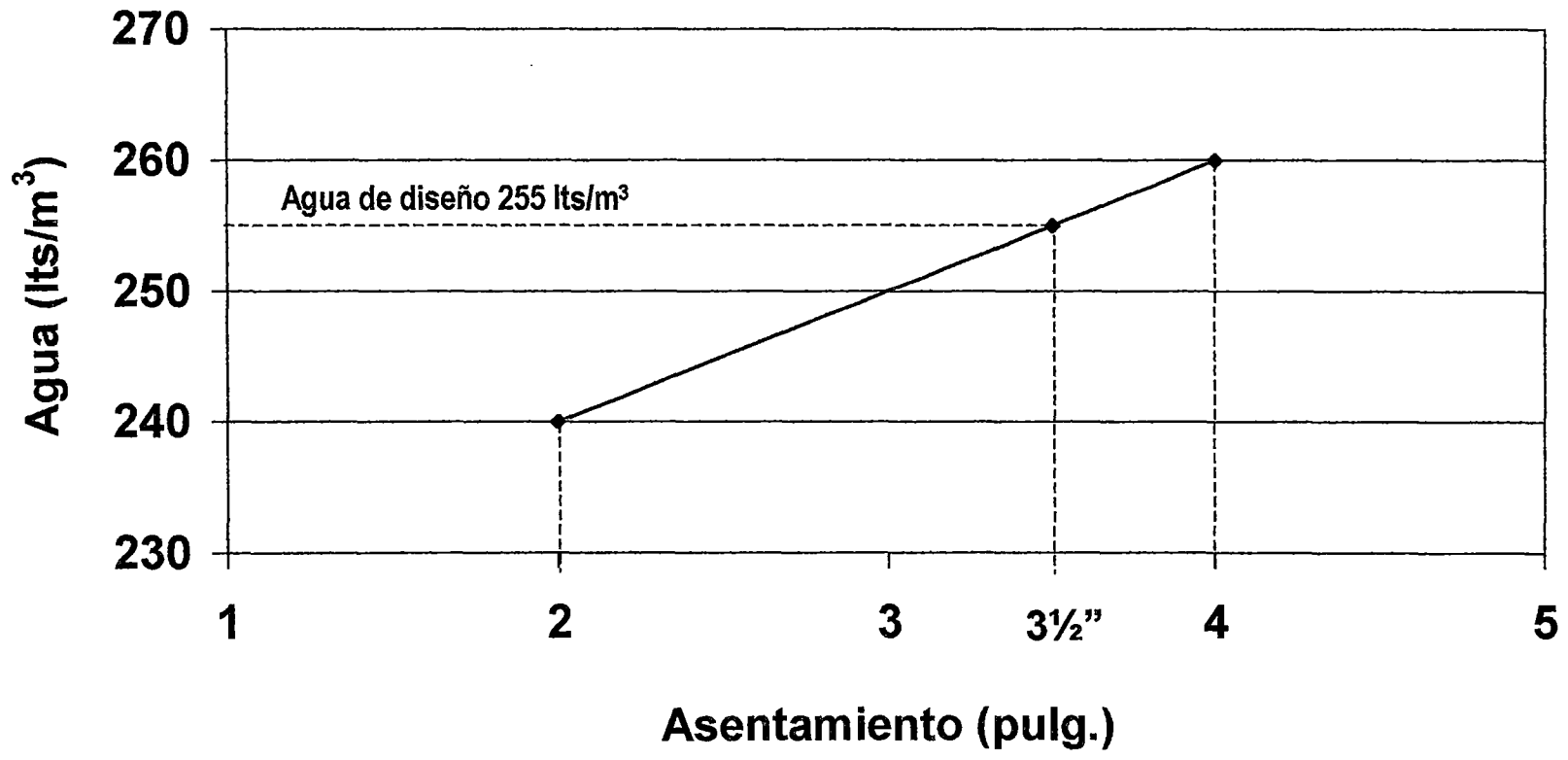
A/B = 45/55 a/c = 0.50 a = 240 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	480	0.153	1.000	480	1.00	9.845
Agua	240	0.240	0.500	207	0.431	4.243
Arena (45%)	700	0.266	1.458	763	1.589	15.644
Baritina (55%)	1177	0.326	2.452	1183	2.465	24.268
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.408			5.485	54.00
ASENTAMIENTO = 2"						
A/B = 45/55 a/c = 0.50 a = 255 lts/m ³						
Cemento	510	0.163	1.000	510	1.000	10.60
Agua	255	0.255	0.500	224	0.439	4.655
Arena (45%)	671	0.255	1.320	732	1.435	15.215
Baritina (55%)	1126	0.312	2.208	1132	2.219	23.528
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.433			5.093	54.00
ASENTAMIENTO = 3 1/2"						
A/B = 45/55 a/c = 0.50 a = 260 lts/m ³						
Cemento	520	0.166	1	520	1	10.86
Agua	260	0.260	0.500	229	0.440	4.778
Arena (45%)	663	0.252	1.275	723	1.39	15.095
Baritina (55%)	1108	0.307	2.130	1144	2.142	23.262
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.441			4.972	54.00
ASENTAMIENTO = 4"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

GRÁFICO N° 3.0.13

(Ver cuadro N° 3.0.13)

$a/c = 0.50$



CUADRO N° 3.0.14

21° Diseños de Mezcla Patrón con Agregado Grueso de Baritina

A/B = 45/55 a/c = 0.40 a = 294 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	735	0.235	1.000	735	1.00	15.854
Agua	294	0.294	0.400	269	0.366	5.803
Arena (45%)	540	0.205	0.735	589	0.801	12.700
Baritina (55%)	906	0.251	1.233	911	1.239	19.643
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.544			3.406	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 45/55 a/c = 0.45 a = 275 lts/m ³						
Cemento	611	0.195	1.000	611	1.000	12.930
Agua	275	0.275	0.450	247	0.404	5.273
Arena (45%)	611	0.232	1.000	666	1.090	14.092
Baritina (55%)	1022	0.283	1.673	1028	1.683	21.758
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.485			4.177	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 45/55 a/c = 0.50 a = 255 lts/m ³						
Cemento	510	0.163	1	510	1	10.603
Agua	255	0.255	0.500	224	0.439	4.655
Arena (48%)	671	0.255	1.316	732	1.435	15.215
Baritina (52%)	1126	0.312	2.208	1132	2.219	23.528
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.433			5.093	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

CUADRO N° 3.0.15

22° Diseño de Mezcla Patrón Concreto Normal

A/B = 47/53 a/c = 0.40 a = 273 lts/m ³						
MATERIALES	DISEÑO SECO (Kg/m ³) D.S.	VOLUMEN ABSOLUTO (m ³) V.A.	DISEÑO UNITARIO SECO D.U.S.	DISEÑO DE OBRA (Kg/m ³) D.O.	DISEÑO UNITARIO DE OBRA D.U.O.	TANDA DE 54 Kg
Cemento	683	0.220	1.000	683	1.000	16.02
Agua	273	0.273	0.400	274	0.400	6.41
Arena (47%)	617	0.231	0.900	626	0.920	14.74
Piedra (53%)	713	0.261	1.040	714	1.050	16.82
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.508			3.370	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ¼"						
A/B = 47/53 a/c = 0.45 a = 245 lts/m ³						
Cemento	544	0.175	1.000	544	1.00	12.62
Agua	245	0.245	0.450	247	0.45	5.68
Arena (47%)	710	0.266	1.310	721	1.33	16.78
Piedra (53%)	816	0.299	1.500	817	1.50	18.93
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.435			4.28	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ½"						
A/B = 47/53 a/c = 0.50 a = 225 lts/m ³						
Cemento	450	0.145	1.00	450	1.00	10.34
Agua	225	0.225	0.50	227	0.50	5.17
Arena (47%)	772	0.289	1.72	784	1.74	18.00
Piedra (53%)	890	0.326	1.98	892	1.98	20.47
Aire (1.5%)	(1.5%)	0.015				
		0.385			5.22	54.00
ASENTAMIENTO = 3 ¼"						

Tesis: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I.

CAPITULO IV

PROPIEDADES DEL CONCRETO CON BARITINA AL ESTADO FRESCO

4.1 INTRODUCCION

El conocimiento y realización de los ensayos, para determinar las propiedades del concreto al estado fresco, es de vital importancia en todo trabajo de investigación ya que mediante ellas nos permite controlar las características del concreto en estado endurecido y de esta manera obtener mezclas óptimas que cumplan las especificaciones, para un proyecto preestablecido.

A continuación se describe cada uno de los ensayos realizados, indicando la norma que la rige, los equipos empleados y el procedimiento de cada ensayo.

4.2 CONSISTENCIA NTP 339.035

Es el primer ensayo que al realizar a una mezcla de concreto, es comúnmente conocida como la prueba de SLUMP, este ensayo se realiza utilizando el Cono de ABRAMS, mediante este ensayo se determina la aceptación o rechazo de la mezcla de acuerdo a los requerimientos de diseño; también nos permite ver la trabajabilidad y el grado de cohesividad de la mezcla.

4.2.1 Procedimiento

- El equipo del Cono de ABRAMS consta de una plancha metálica, el cono y una varilla de compactación, de dimensiones estandarizadas en la Norma.
- Humedecer previamente la plancha y el cono.
- Colocar el cono sobre la plancha metálica, sujetando de las aletas seguidamente se llena el concreto en el cono en tres capas, tratando en lo posible que cada capa sea la tercera parte del volumen total del cono.
- Compactar cada capa con 25 golpes, con la varilla lisa de 5/8", 60cm de longitud y punta roma.
- La compactación de cada capa se realizará uniformemente en toda la sección y en forma helicoidal.
- El molde (cono) se llena en exceso en la tercera capa; se compacta en forma similar a las anteriores capas, luego se enrasa con una plancha o con la varilla de compactación.
- Concluido la compactación y enrasado de la tercera capa, se levanta el cono cuidadosamente en dirección vertical para luego medir el asentamiento, determinado por la diferencia entre la altura del molde y la cara superior del concreto deformado.

4.3 PESO UNITARIO

NTP 339.046

El peso unitario viene a ser el peso varillado, se expresa en kilos por metro cúbico.

La variación del peso unitario de una mezcla es ocasionada por el tipo de agregado empleado, lo cual permite clasificar los concretos en densos, normales y livianos.

4.3.1 Procedimiento

- Se selecciona una muestra representativa.
- Se llena la tercera parte del recipiente de $\frac{1}{2}$ pie³ (puramente se pesa el recipiente) luego se compacta mediante 25 golpes distribuidos uniformemente en toda la superficie empleando la barra lisa de 5/8".
- Luego se llena el recipiente hasta las 2 terceras partes, compactando en forma similar a la primera capa.
- Por último se llena el recipiente en exceso, se compacta con 25 golpes con la barra compactadora, la mezcla sobrante se elimina con la barra compactadora, luego se enrasa la última capa.
- Se pesa todo el conjunto, obteniéndose el peso neto de la mezcla por diferencia de pesos.
- Luego se obtiene el peso unitario por unidad de volumen.

4.4 CONTENIDO DE AIRE

N.T.P. 339.046

En las mezclas de concreto siempre debe existir determinado porcentaje de aire; el cual esta regulado por los requerimientos del diseño.

Las burbujas de aire se presentan en las mezclas de concreto, como resultado de las operaciones propias de puesta en obra, en cuyo caso se llama "aire atrapado" o aire natural.

También puede tenerse aire en las mezclas de concreto, debido a que ha sido intencionalmente incorporado en tal caso se llama “aire incorporado”. Para la presente investigación nos abocaremos determinar el contenido de “aire atrapado” en las mezclas, para lo cual hemos empleado el método gravimétrico.

4.4.1 Procedimiento

El método gravimétrico, para determinar el contenido de aire, se rige según la Norma NTP 33.046.

- Para ello es necesario conocer el peso unitario del concreto fresco, los pesos de los componentes húmedos de la mezcla y la suma de dichos componentes en Kg/m^3 .
- Se emplea la siguiente formula.

$$\%A = \frac{P_{un} - P_u}{P_{un}} \times 100$$

- Donde:

% A: Contenido de aire en el concreto fresco (porcentaje de vacíos)

P_{un} : Peso unitario nominal del concreto fresco en Kg/m^3 .

P_u : Peso unitario cuyo valor es la suma de “Pesos húmedos” del cuadro de diseño de mezcla respectivo (sin inclusión de aire).

4.5 ENSAYO DE FLUIDEZ NTP 339.085

(ÍNDICE DE CONSISTENCIA)

El índice de consistencia se mide en porcentaje de flujo.

Este ensayo se realiza en la mesa de sacudidas (“MESA DE FLUJO”) en ella se determina el aumento del diámetro que experimenta la base inferior de un tronco de cono de masa de concreto fresco, el cual es sometido a sacudidas sucesivas, según se describe a continuación.

4.5.1 Procedimiento

1. Se selecciona una muestra representativa de concreto fresco, se limpia y se moja la mesa de sacudidas, secando el exceso de agua con una franela o esponja.
2. Se centra el molde sobre la mesa, se sujeta firmemente y se llena de concreto hasta la mitad del molde, compactar aplicando 25 golpes con la barra compactadora, en forma uniforme en toda sección expuesta de concreto.
3. Luego se llena el molde en exceso se compacta similarmente al paso anterior y se enrasa con la varilla compactadora.
4. Se retira el concreto sobrante y se limpia la mesa, luego se retira el molde elevándolo cuidadosamente y en dirección vertical.
5. Luego la mesa se levanta mediante una manivela y se deja caer 15 veces desde una altura de 12.5 mm en 15 segundos. El movimiento giratorio se realiza a velocidad constante.

6. El índice de consistencia se determina calculando el tanto por ciento de aumento del diámetro, expresado en porcentaje (%) respecto de la base inferior del tronco de cono (se tomará como mínimo seis lecturas del diámetro).

Considerando finalmente el promedio para el cálculo del ensayo.

4.6 ENSAYO DE EXUDACIÓN NTP 339.077

La exudación es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa de concreto y asciende hacia la superficie.

Es un caso típico de sedimentación y esto está gobernado por las leyes físicas del flujo en un sistema capilar.

4.6.1 Procedimiento

- Se selecciona la muestra de concreto fresco.
- Se llena, nivela y alisa la superficie del recipiente, anotándose la hora, peso y volumen del recipiente.
- Colocar el recipiente sobre una plataforma nivelada y libre de vibraciones y taparlo con una franela.
- Extraer el agua que se haya acumulado en la superficie (utilizando una jeringa graduada) a intervalo de 10 minutos, durante los primeros 40 minutos y luego a intervalos de 30 minutos, hasta que cese la exudación.
- El resultado del ensayo, determina la cantidad de agua que es exudada en una muestra de concreto.

- La exudación se expresa por unidad de área o en porcentaje.
- El cálculo en detalle se muestra el anexo II, cuadros 4.5.1 al 4.5.6.

4.7 TIEMPO DE FRAGUADO

NTP 339.082

Este ensayo nos permite determinar la velocidad de endurecimiento de una muestra de concreto fresco, mediante la penetración de unas agujas metálicas de diferentes diámetros aplicados sobre una muestra de mortero que se ha obtenido de tamizar el concreto por la malla N° 4 (4.76 mm).

Se miden las cargas de penetración aplicados y se hace un registro de ellos.

Se considera que la fragua inicial se produce cuando la presión de penetración es de 500 lib/pulg.² y la fragua final corresponde a la presión de penetración de 4000 lib/pulg.²

4.7.1 PROCEDIMIENTO

- Tamizar la muestra de concreto por la malla N° 4; (4.76 mm), utilizando para el ensayo el mortero tamizado.
- En los moldes estandarizados, se llena el mortero, dejándolo en reposo un tiempo de 2 a 2 ½ horas.
- Transcurrido este tiempo (puede ser mayor o menor, dependiendo del clima y tipo de mezclas) se pone en contacto la primera aguja, obteniéndose la lectura respectiva de la fuerza aplicada.
- Se registra la fuerza aplicada, el área de la aguja de penetración y la hora de ensayo.

- Los diámetros de las agujas van disminuyendo según aumenta la presión, empezando con la de $13/16''$ y terminando con la $3/16''$.
- El cálculo en detalle se presenta en el anexo II, ver cuadros 4.6.1 al 4.6.6.

CAPITULO V

PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO

ENDURECIDO

5.1 INTRODUCCIÓN

Al hablarse de las propiedades del concreto al estado endurecido, podría afirmarse que en general, prácticamente todas las propiedades del concreto endurecido están asociados a la resistencia y, en mucho casos, es en función del valor de ella que se las cuantifica o califica. Sin embargo, debe siempre recordarse al diseñar una mezcla de concreto, que muchos factores ajenos a la resistencia pueden afectar otras propiedades.

En el presente capítulo se estudian las propiedades del concreto endurecido mediante los ensayos respectivos, los cuales evalúan la resistencia, la plasticidad en el rango elástico y la flexibilidad. Los resultados de los ensayos se presentan en el capítulo siguiente.

5.2 ENSAYOS EN EL CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

Los ensayos en el concreto al estado endurecido son una medida para evaluar la resistencia, la uniformidad del concreto, así como el grado de control alcanzado. Sin un adecuado control no se podría garantizar la calidad de concreto.

5.2.1 Resistencia a la Compresión

NTP 339.034

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos de compresión, siendo el concreto más resistente a la sollicitación de dicha carga.

PROCEDIMIENTO:

Se compacta en tres capas con la varilla compactadora lisa de 5/8". Transcurridas 24 horas se desencofraron y se procedió al curado sumergiéndolo en el agua hasta el día de ensayo. Todas las probetas se sacaran del agua tres horas antes del ensayo. Una vez secadas al aire se procedió a la toma de sus características, principalmente del diámetro luego se procedió al capeado con una mezcla de azufre y bentonita (capping).

Para cada edad de curado (7, 14, 28 días) se ensayaron 27 probetas y 81 probetas respectivamente se fabricaron 12 probetas adicionales a los 28 días de las cuales 6 de ellas se utilizaron para la curva esfuerzo deformación (ensayo de módulo elástico estático) y 6 probetas para el ensayo de compresión diametral.

$$f'c = P/A$$

$f'c$: Resistencia a la compresión del concreto en Kg/cm²

P : Carga máxima en Kg.

A : Área de la probeta normal a la carga en cm²

5.2.2 Resistencia a la Tracción

NORMA NTP 339.084

En general las estructuras de concreto se diseñan asumiendo que el concreto carece de resistencia a la tracción y que solo es capaz de resistir esfuerzos de compresión lo que caracteriza al concreto. No obstante los esfuerzos de tracción se pueden medir de forma indirecta mediante el ensayo de compresión diametral.

PROCEDIMIENTO

01. Colocar la probeta en forma horizontal apoyada sobre una plancha de acero la que se encontrará sobre la placa inferior de la máquina de ensayo. A la vez colocar en la generatriz opuesta de la probeta, otra plancha similar entre la probeta y la placa superior de la máquina.
02. Aplicar la carga que se distribuirá a lo largo de los listones hasta llevarla a la rotura, leer la correspondiente carga.

Se realizarán a la edad de 28 días y se regirán de la fórmula siguiente:

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD}$$

f_t : Resistencia a la tracción del concreto (Kg./cm²)

P : Carga máxima en (Kg.)

D : Diámetro de la probeta (cm.)

L : longitud de la probeta

5.2.3 Módulo Elástico Estático

NORMA ASTM C469-65

El concreto no es un material perfectamente elástico, es decir, que el diagrama de esfuerzo deformación no presenta ningún tramo recto. Solo curvo pero existe una zona donde esta curva se asemeja a un comportamiento elástico y es donde se define su módulo elástico para fines prácticos.

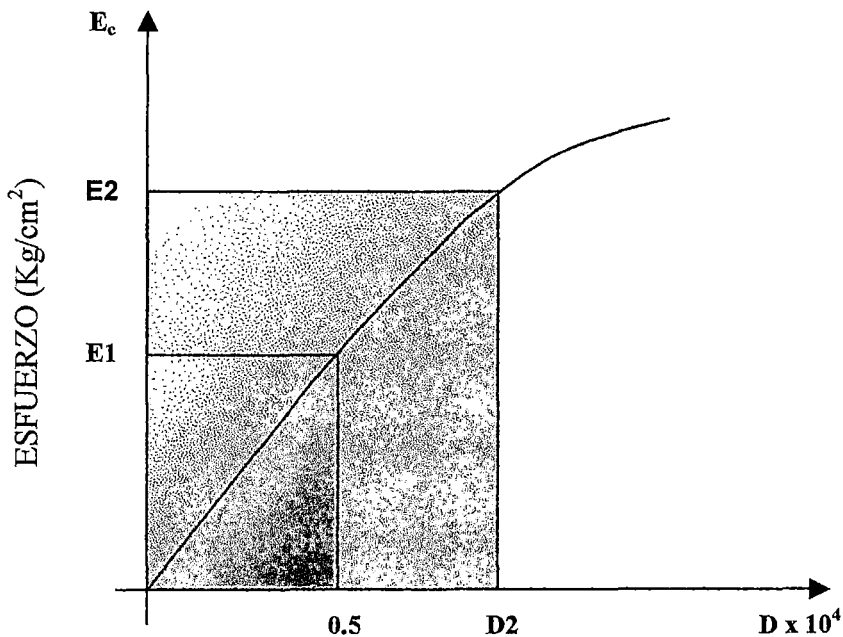
Para su determinación se usará el método de los “Niveles ópticos” cuyo equipo más usado son los “Espejos Martans”. Este método es rápido y no requiere demasiada preparación para realizarlo.

PROCEDIMIENTO:

01. Antes de haber graduado el equipo de espejos se precargará la probeta con el fin de dar firmeza e impedir se descalibre el equipo al momento de la aplicación de la carga.
02. Armar el equipo de espejos conformado por un trípode donde se colocaran dos visores cada uno con sus respectivas reglas las que deberán estar a una distancia de 125 cms. de los espejos adosados en las probetas.
03. Aplicar la carga a una velocidad que permita tomar lecturas con comodidad y sin errores; las lecturas se harán cada 2000 Kg los puntos que define la cuerda para la determinación del módulo respectivo están referidos así:

- a. El punto de la Curva Esfuerzo – Deformación corresponde a una deformación unitaria de 0.5×10^{-4} y su esfuerzo correspondiente.
- b. El punto de la Curva Esfuerzo – Deformación corresponde al 40% de la resistencia a la compresión de la deformación, y a la deformación para este punto determina el módulo elástico.

$$E_e = (E_2 - E_1) / (D_2 - 0.5) \times 10^{-4}$$



DEFORMACIÓN UNITARIA
GRAFICA N° 5.1

- E_e : Módulo Elástico Estático (Kg/cm^2)
- E_2 : Esfuerzo de la máxima carga (Kg/cm^2) (40% de $f'c$)
- E_1 : Esfuerzo cuando la deformación es de 0.5×10^{-4}
- D_2 : Deformación unitaria correspondiente al esfuerzo E_2
- D : Deformación unitaria.

CAPITULO VI

CUADROS DE RESULTADOS Y GRAFICOS

6.1 INTRODUCCION

En el presente capítulo presentamos los cuadros resumen, de cada uno de los ensayos realizados.

Los resultados y el proceso de cálculo se presentan en forma detallada en el Capítulo X en los Anexos.

6.2 RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Los resultados de los ensayos del concreto en estado fresco, tanto para el concreto con agregado grueso de baritina y concreto normal se presentan en los cuadros 6.1.a y 6.1.b, obtenidos a partir de los diseños de mezcla patrón realizados en el Capítulo N° III 3.0.6; para mezclas plásticas con asentamiento de 3" – 4".

Dichos ensayos se realizaron para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 con relación de agregados $A/B=45/55$ y $A/P=47/53$ (concreto con Baritina y Concreto Normal).

6.3 RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción por compresión diametral, y
- Módulo elástico estático.

Dichos valores se presentan en el Anexo II.

6.3.1 Resistencia a la Compresión

Los valores obtenidos de resistencia a la compresión; para el concreto con agregado grueso de Baritina y concreto Normal, se realizaron a partir de la fabricación de 270 probetas, las mismas que se ensayaron a las 7, 14 y 28 días.

El cálculo de la resistencia a la compresión se indica en el Capítulo V inciso 5.2.1.

Para cada diseño se presenta una curva Resistencia vs. Edad en días.

6.3.2 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral

Para la obtención de los resultados se fabricaron (03) probetas para cada diseño; los mismos que se ensayaron a los 28 días.

6.3.3 Módulo Elástico Estático

La obtención de los resultados es mediante la fabricación de (03) probetas para cada diseño; siguiendo el procedimiento indicado en el Capítulo V inciso 5.0.2.3.

Dichas probetas se ensayaron a los 28 días de curado.

Los resultados de estos ensayos se presentan en los cuadros

Nº6.1.2.a, 6.1.2.b, 6.1.3 y 6.1.4.

El cálculo detallado se presenta en el Anexo II.

ENSAYOS AL ESTADO FRESCO
CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
CUADRO No. 6.1.a

131

ARENA/ BARITINA A/B	AGUA/ CEMENTO A/C	ENSAYOS						
		ASENTAMIENTO (PULG)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	CONTENIDO DE AIRE (%)	EXUDACION (%)	TIEMPO DE FRAGUADO		INDICE DE CONSISTENCIA (%)
INICIAL (h:min)	FINAL (h:min)							
A:45 B:55	0.40	3 ¼"	2556.50	2.05	1.40	3:36'	4:45'	76%
	0.45	3 ¼"	2697.74	5.40	1.61	3:30'	4:41'	61%
	0.50	3 ¼"	2761.30	5.91	1.51	3.41'	4:53'	55.32%

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYOS AL ESTADO FRESCO

CONCRETO NORMAL

CUADRO No. 6.1.b

ARENA/ BARITINA A/B	AGUA/ CEMENTO A/C	ENSAYOS						
		ASENTAMIENTO (PULG)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	CONTENIDO DE AIRE (%)	EXUDACION (%)	TIEMPO DE FRAGUADO		INDICE DE CONSISTENCIA (%)
INICIAL (h:min)	FINAL (h:min)							
A:47 B:53	0.40	3 ¾"	2348	2.17	5.07	3:18'	6:24'	90.8%
	0.45	3 ½"	2377	2.02	2.95	3:45'	6:39'	86.0%
	0.50	3 ¼"	2380	1.13	6.94	3:54'	6:15'	77.2%

132

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION:
CONCRETO PESADO, AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

(CUADRO RESUMEN)

CUADRO No. 6.1.2.a

DISEÑOS		RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)		
ARENA/BARITINA A/B	AGUA/CEMENTO A/C	EDAD EN DIAS		
		7	14	28
45/55	0.40	358	400	433
	0.45	332	385	412
	0.50	320	360	380

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CONCRETO NORMAL
(CUADRO RESUMEN)**

CUADRO No 6.1.2.b

DISEÑOS		RESIETENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)		
ARENA/PIEDRA A/P	AGUA/CEMENTO A/C	EDAD EN DIAS		
		7	14	28
47/53	0.40	348	400	421
	0.45	335	390	413
	0.50	321	370	390

134

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y EL CONCRETO NORMAL
(CUADRO RESUMEN)**

CUADRO No. 6.1.3

CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO BARITINA			CONCRETO NORMAL		
DISEÑOS		RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL EDAD: 28 DIAS Ft:kg/cm ²	DISEÑOS		RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL EDAD: 28 DIAS Ft:kg/cm ²
ARENA/ BARITINA A/B	AGUA/ CEMENTO A/C		ARENA/PIEDRA A/P	AGUA/CEMENTO A/C	
45/55	0.40	23	47/53	0.40	33
	0.45	25		0.45	29
	0.50	25		0.50	27

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

6.5 CUADROS COMPARATIVOS

- **CONCRETO AL ESTADO FRESCO**
- **CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO**

6.5.1 CONCRETO AL ESTADO FRESCO

ENSAYOS DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y EL CONCRETO NORMAL

EDAD : 28 DIAS

(CUADRO RESUMEN)

CUADRO No. 6.1.4

CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO BARITINA				CONCRETO NORMAL			
DISEÑOS		F'c 28 DIAS (kg/cm²)	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (kg/cm²)	DISEÑOS		F'c 28DIAS (kg/cm²)	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (kg/cm²)
ARENA/ BARITINA A/B	AGUA/ CEMENTO A/C			ARENA/ PIEDRA A/P	AGUA/ CEMENTO A/C		
45/55	0.40	413	138121	47/53	0.40	424.42	214029
	0.45	396	136706		0.45	313.95	155882
	0.50	365	129927		0.50	424.42	144728

138

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ESAYOS AL ESTADO FRESCO
CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
CUADRO No. 6.1.5

139

ARENA/ BARITINA A/B	AGUA/ CEMENTO A/C	ENSAYOS						
		ASENTAMIENTO (PULG)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	CONTENIDO DE AIRE (%)	EXUDACION (%)	TIEMPO DE FRAGUADO		INDICE DE CONSISTENCIA (%)
INICIAL (h:min)	FINAL (h:min)							
A:45 B:55	0.40	3 ¼"	2556.50	2.05	1.40	3:36'	4:45'	76.0%
	0.45	3 ¼"	2697.74	5.40	1.61	3:30'	4:41'	61.0%
	0.50	3 ¼"	2761.30	5.91	1.51	3:41'	4:53'	55.32%

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYOS AL ESTADO FRESCO

CONCRETO NORMAL

CUADRO No. 6.1.6

140

ARENA/ BARITINA A/B	AGUA/ CEMENTO A/C	ENSAYOS						
		ASENTAMIENTO (PULG)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	CONTENIDO DE AIRE (%)	EXUDACION (%)	TIEMPO DE FRAGUADO		INDICE DE CONSISTENCIA (%)
A:47 B:53	A/C					INICIAL (h:min)	FINAL (h:min)	
	0.40	3 ¾"	2348	2.17	5.07	3h:18'	06h:24'	90.8
	0.45	3 ½"	2377	2.02	2.95	3h:45'	06h:39'	86.0
	0.50	3 ¼"	2380	1.13	6.94	3h.54'	06h:15'	77.2

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITNA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE AIRE
ANALISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL
CUADRO No. 6.1.7

A/C	PESO UNITARIO (kg/m³)	VARIACION (Kg/m³)	P.U. COMO % DEL CONCRETO NORMAL	CONTENIDO DE AIRE (%)	VARIACION (%)	CONTENIDO DE AIRE COMO % DEL CONCRETO NORMAL
0.40	2348	0.00	100.0	2.17	0.0	100.00
	2556.50	208.50	108.9	2.05	0.12	94.50
0.45	2377	0.00	100.00	2.02	0.00	100.00
	2697.74	320.74	113.50	5.40	3.38	267.33
0.50	2380	0.00	100.00	1.13	0.00	100.00
	2761.30	381.30	116.02	5.91	4.78	523.01

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYOS DE ASENTAMIENTO E INDICE DE CONSISTENCIA
ANALISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE CON REPECTO AL CONCRETO NORMAL**

CUADRO No. 6.1.8

A/C	ASENTAMIENTO (pulg)	VARIACION (pulg)	ASENTAMIENTO CON % DEL CONCRETO NORMAL (%)	INDICE DE CONSISTENCIA (%)	VARIACION (%)	INDICE DE CONSISTENCIA COMO % DEL CONCRETO NORMAL
0.40	3 $\frac{3}{4}$ " 3 $\frac{1}{2}$ "	0.00" $\frac{1}{4}$ "	100% 93.33	90.80 76.00	0.00 14.80	100% 83.70
0.45	3 $\frac{1}{2}$ " 3 $\frac{1}{2}$ "	0.00" 0.00	100% 100.00	86.00 61.00	0 25.00	100% 70.93
0.50	3 $\frac{1}{4}$ " 3 $\frac{1}{2}$ "	0.00" $\frac{1}{4}$ "	100% 107.7	77.20 55.32	0 21.88	100.00 71.66

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIO I "SOL".

**ENSAYOS DE ASENTAMIENTO E INDICE DE CONSISTENCIA
ANALISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL**

CUADRO No. 6.1.8

A/C	ASENTAMIENTO (pulg)	VARIACION (pulg)	ASENTAMIENTO CON % DEL CONCRETO NORMAL (%)	INDICE DE CONSISTENCIA (%)	VARIACION (%)	INDICE DE CONSISTENCIA COMO % DEL CONCRETO NORMAL
0.40	3 $\frac{3}{4}$ " 3 $\frac{1}{2}$ "	0.00" $\frac{1}{4}$ "	100% 93.33	90.80 76.00	0.00 14.80	100% 83.70
0.45	3 $\frac{1}{2}$ " 3 $\frac{1}{2}$ "	0.00" 0.00	100% 100.00	86.00 61.00	0 25.00	100% 70.93
0.50	3 $\frac{1}{4}$ " 3 $\frac{1}{2}$ "	0.00" $\frac{1}{4}$ "	100% 107.7	77.20 55.32	0 21.88	100.00 71.66

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIO I "SOL".

6.5.2 CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

ENSAYO DE COMPRESION

ANALISIS COMPARATIVO EN PORCENTAJE RESPECTO DEL CONCRETO NORMAL

CUADRO No. 6.1.10

A/C	F'c NORMAL BARITINA	F'c NORMAL BARITINA	F'c NORMAL BARITINA	RESISTENCIA A LA COMPRESION (EDAD: DIAS)		
	7	14	28	7	14	28
0.40	348	400	421	100.00	100.00	100.00
	358	400	433	102.87	100.00	102.85
0.45	335	390	413	100.00	100.00	100.00
	332	385	412	99.10	98.72	99.76
0.50	321	370	390	100.00	100.00	100.00
	320	360	380	99.69	97.30	97.44

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPI I "SOL".

**CORRELACION DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS
CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y EL CONCRETO NORMAL**

CUADRO No. 6.1.11

A/C	F'c NORMAL BARITINA	F'c NORMAL BARITINA	F'c NORMAL BARITINA	RESISTENCIA A LA COMPRESION (EDAD: DIAS)		
	7	14	28	7	14	28
0.40	348	400	421	82.66	95.01	100
	358	400	433	82.68	92.38	100
0.45	335	390	413	81.11	94.43	100
	332	385	412	80.58	93.45	100
0.50	321	370	390	82.31	94.87	100
	320	360	380	84.21	94.74	100

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPI I "SOL".

**ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
VALORES EXPRESADOS EN PORCENTAJE CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL**

CUADRO No. 6.1.12

A/C	F' c NORMAL BARITINA	F' c COMO % DEL CONCRETO NORMAL EDAD: 28 DIAS
	EDAD : 28 DIAS	(%)
0.40	33	100.00
	23	69.70
0.45	29	100.00
	25	86.21
0.50	27	100.00
	25	92.59

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICSA DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO

CORRELACION DE VALORES EXPRESADOS EN PORCENTAJE CON RESPECTO AL CONCRETO NORMAL

(EDAD: 28 DIAS)

CUADRO No. 6.1.13

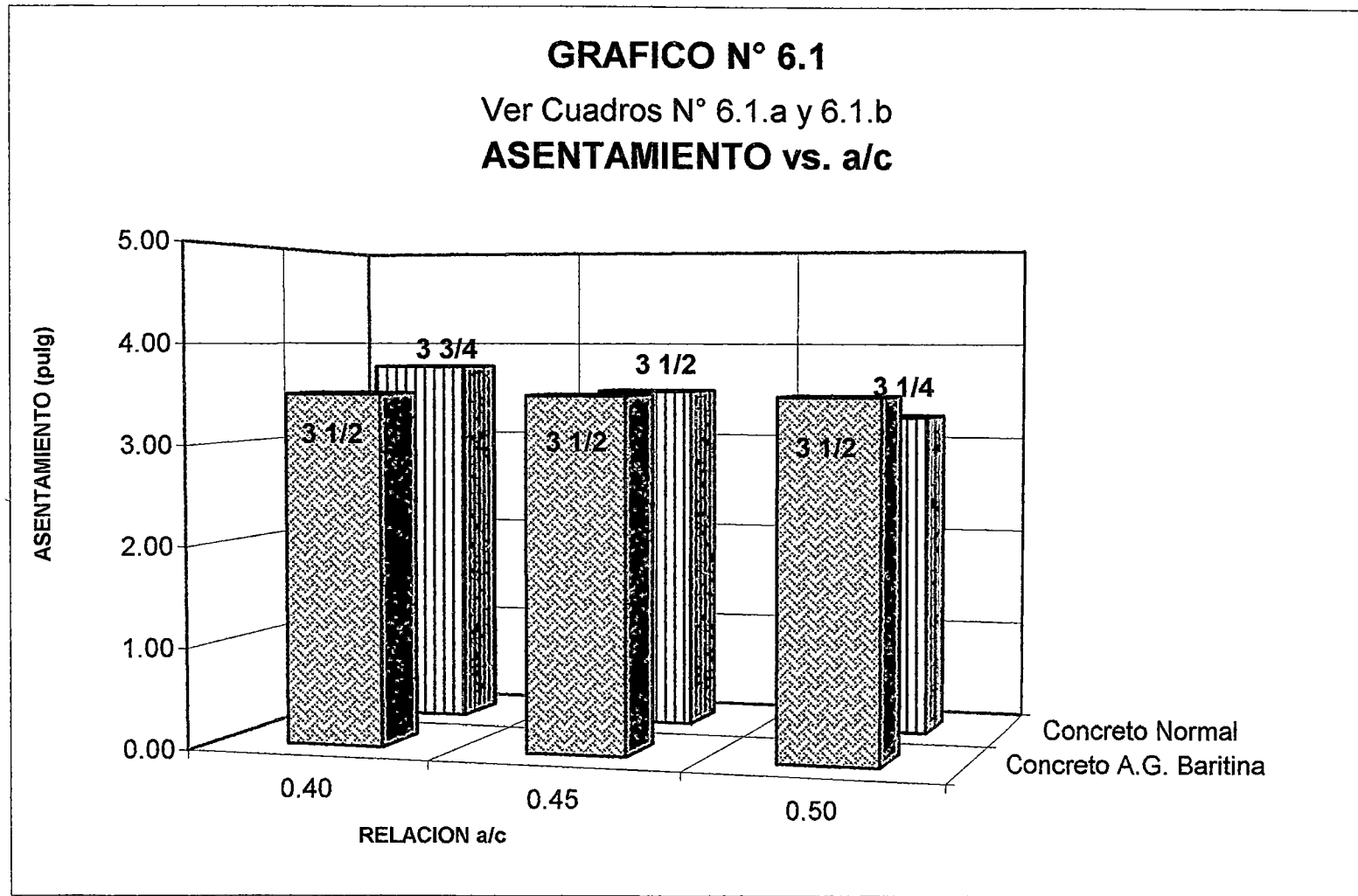
A/c	F'c 28 dias (kg/cm ²)	M.E.E. (kg/cm ²)	M.E.E. COMO % DEL CONCRETO NORMAL
0.40	424.42 413	214029 138121	100.00 64.53
0.45.	313.95 396	155882 136706	100.00 87.70
0.50	424.42 365	144728 129927	100.00 89.77

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

6.6 GRAFICOS COMPARATIVOS

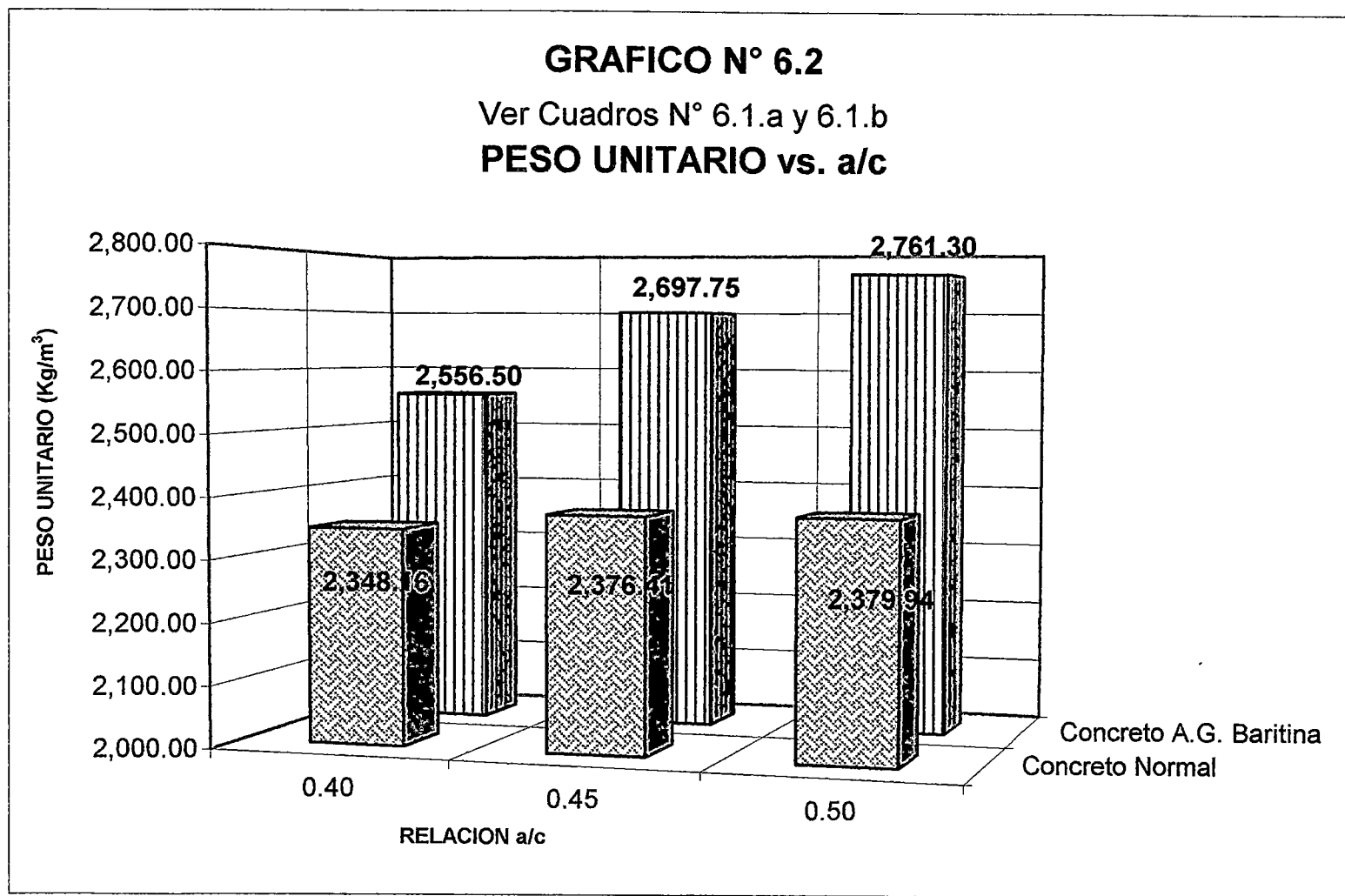
- CONCRETO AL ESTADO FRESCO
- CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

6.6.1 CONCRETO AL ESTADO FRESCO

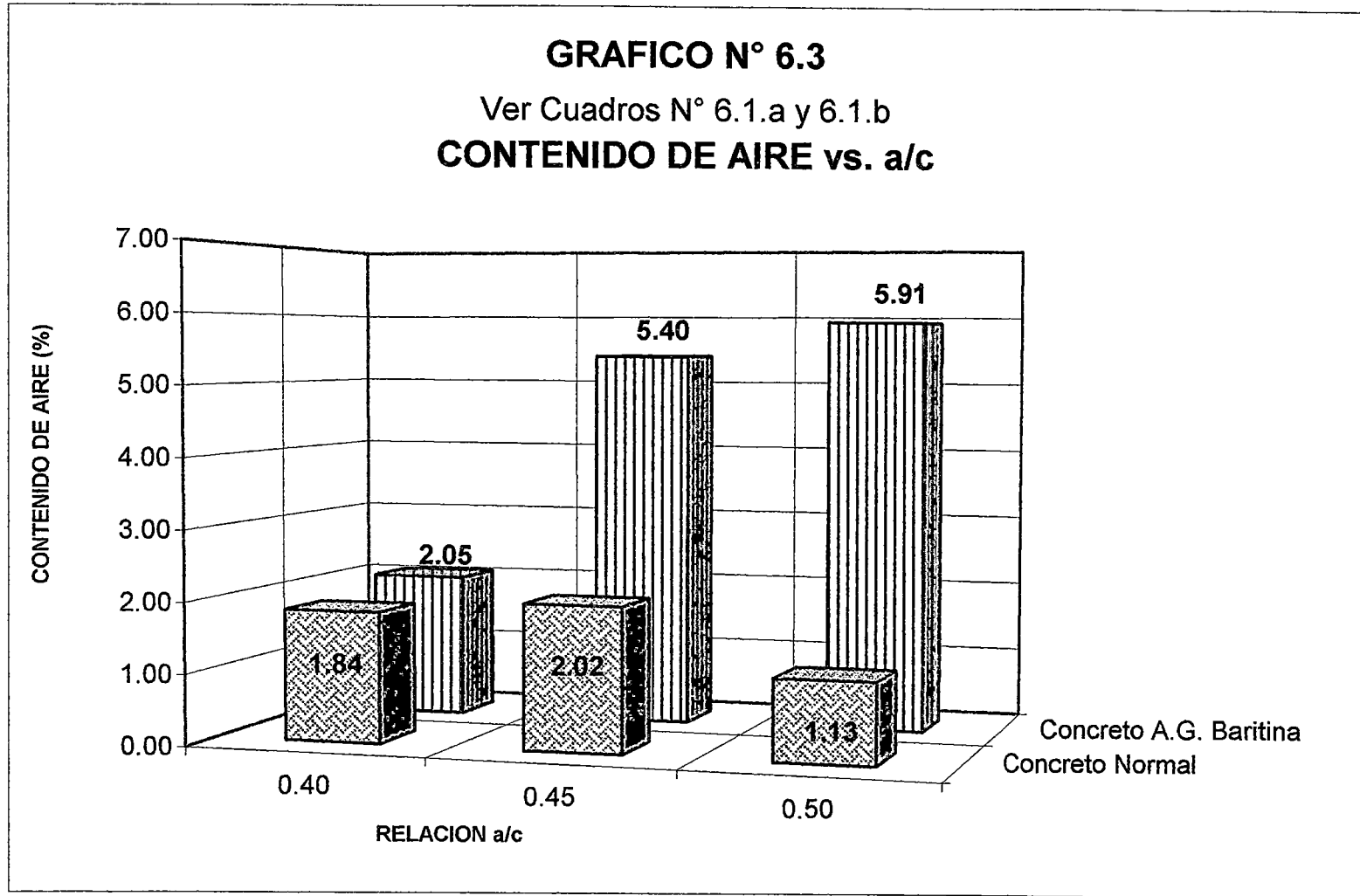


(*) Se busca que el Asentamiento sea de 3" - 4"

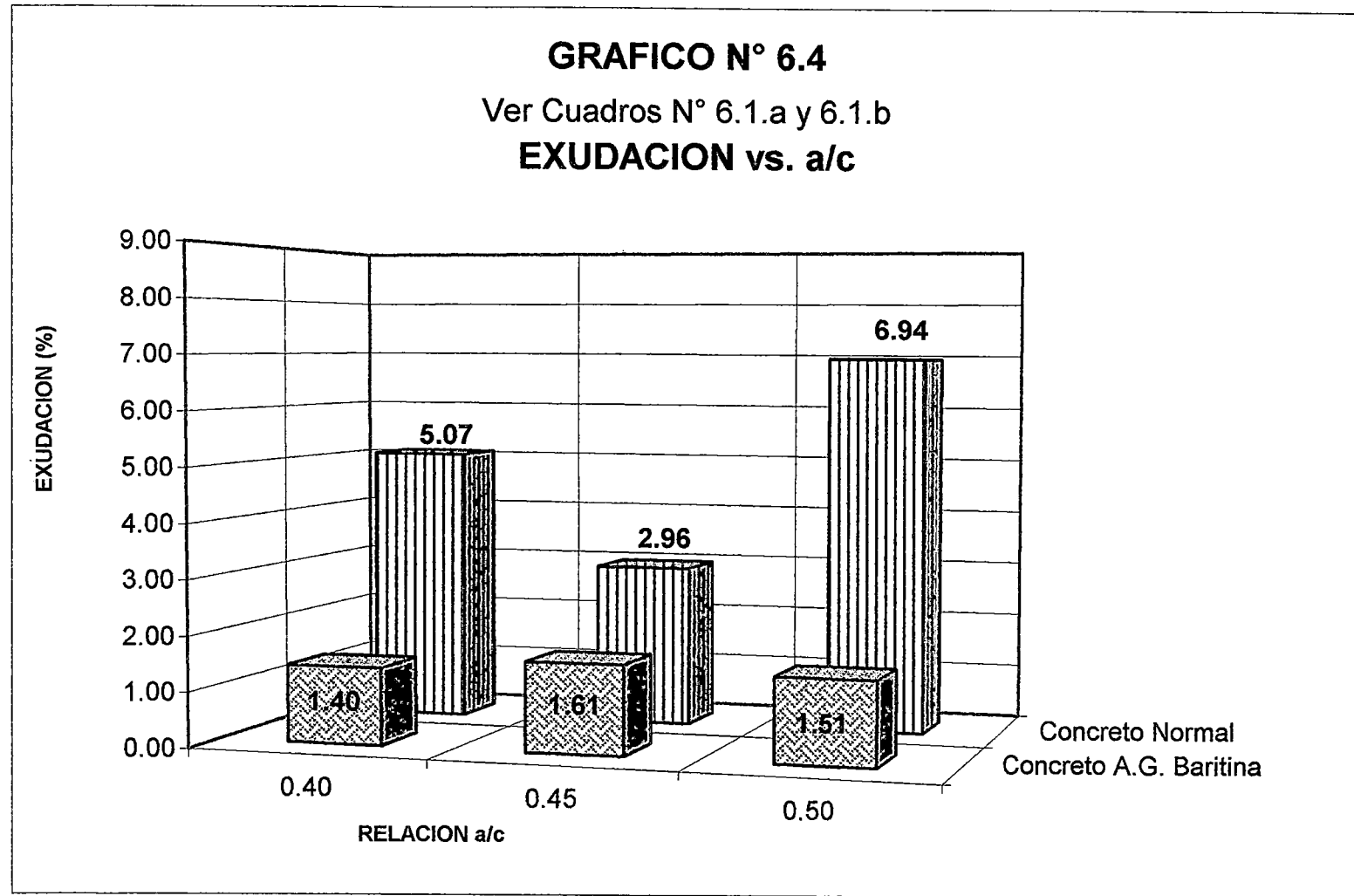
TESIS : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I



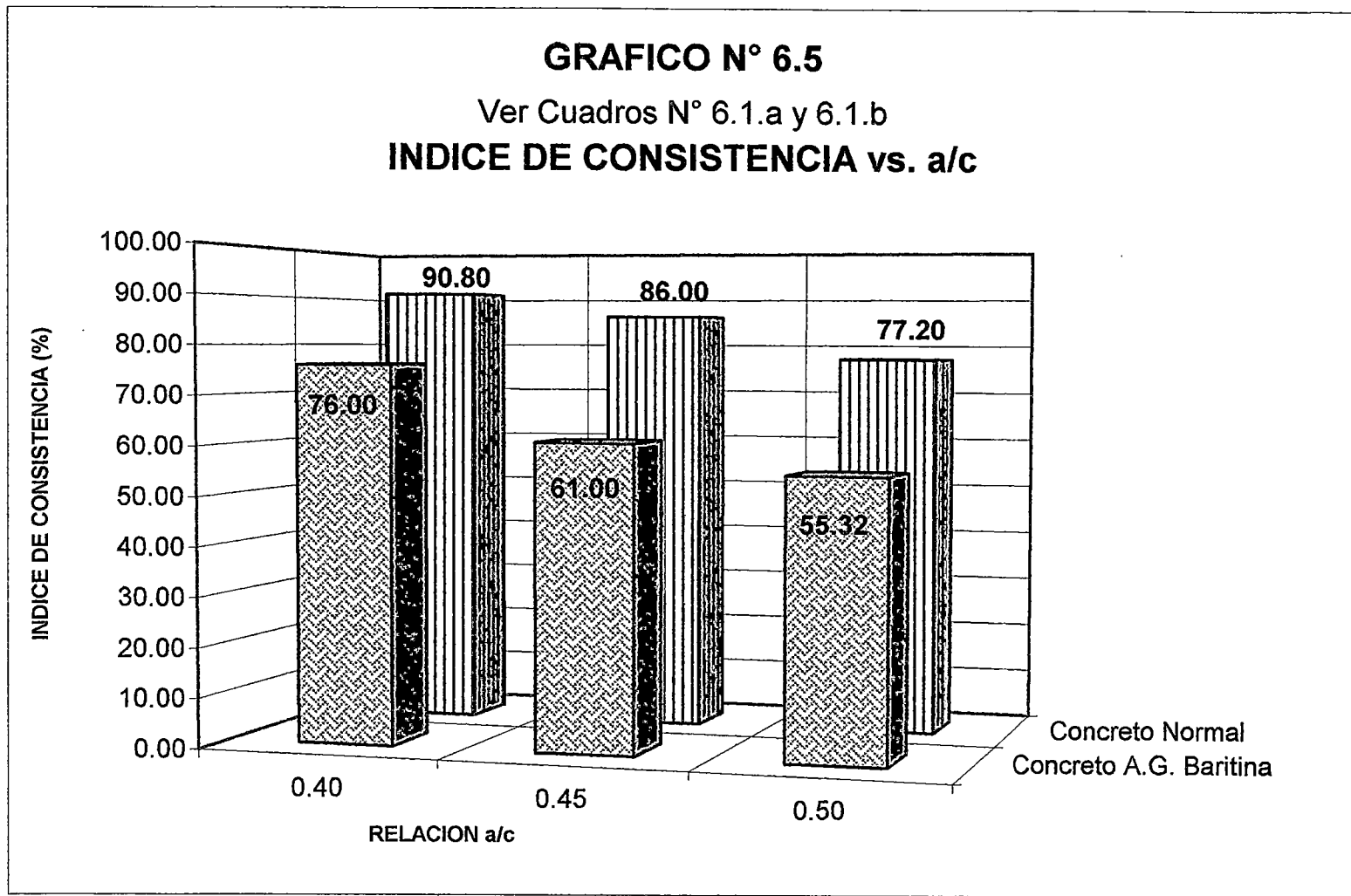
TESIS : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I



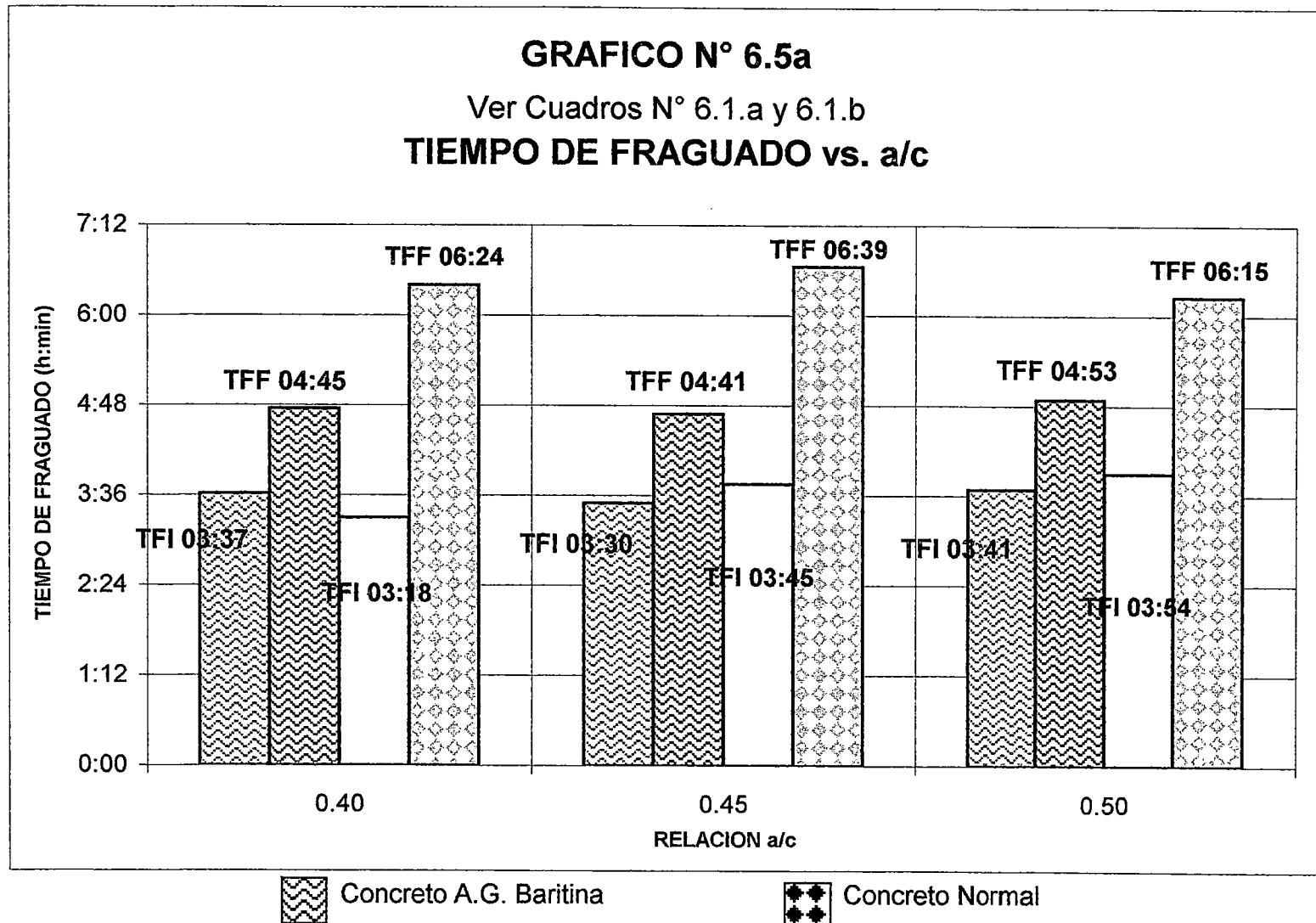
TESIS : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I



TESIS : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I



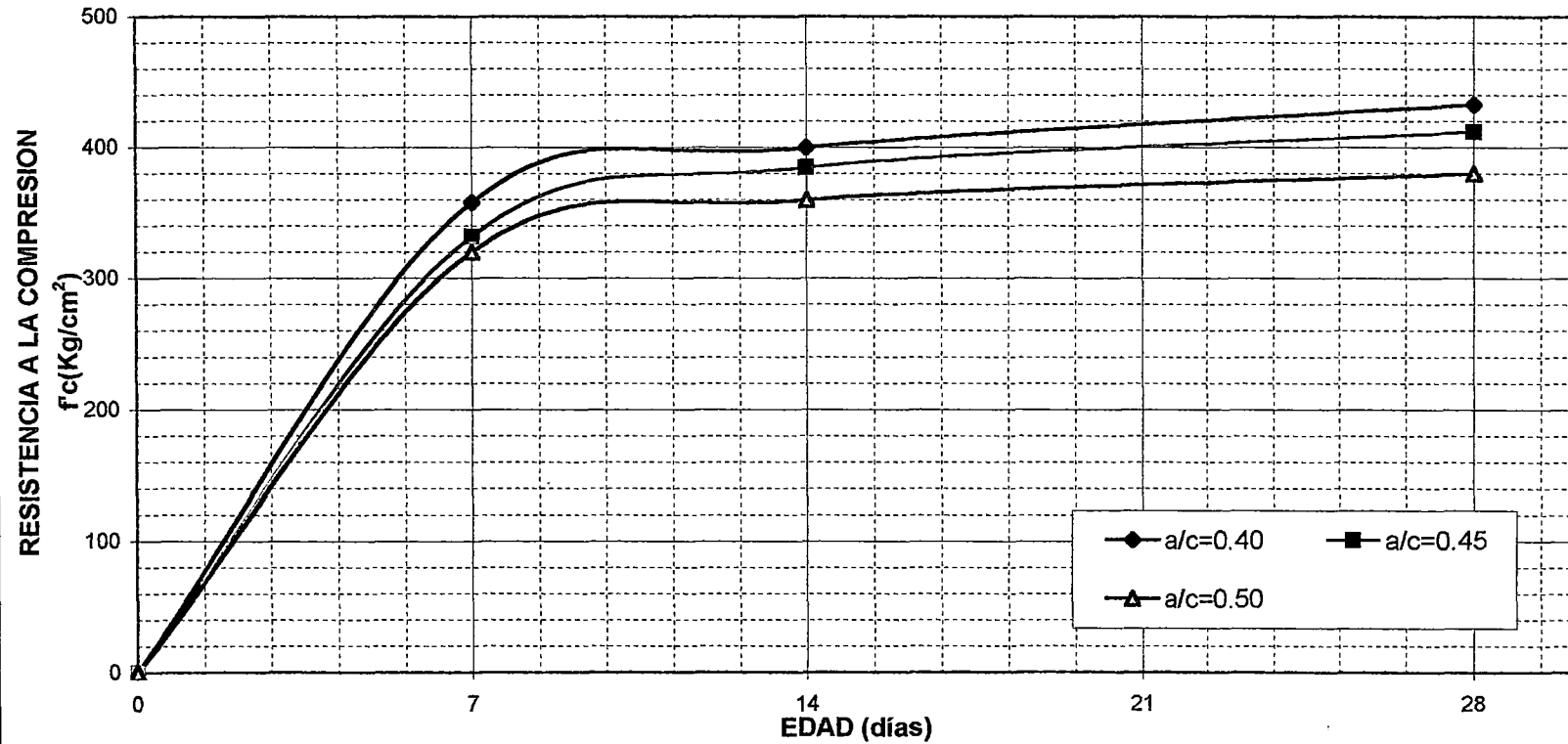
TESIS : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I



TESIS : ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

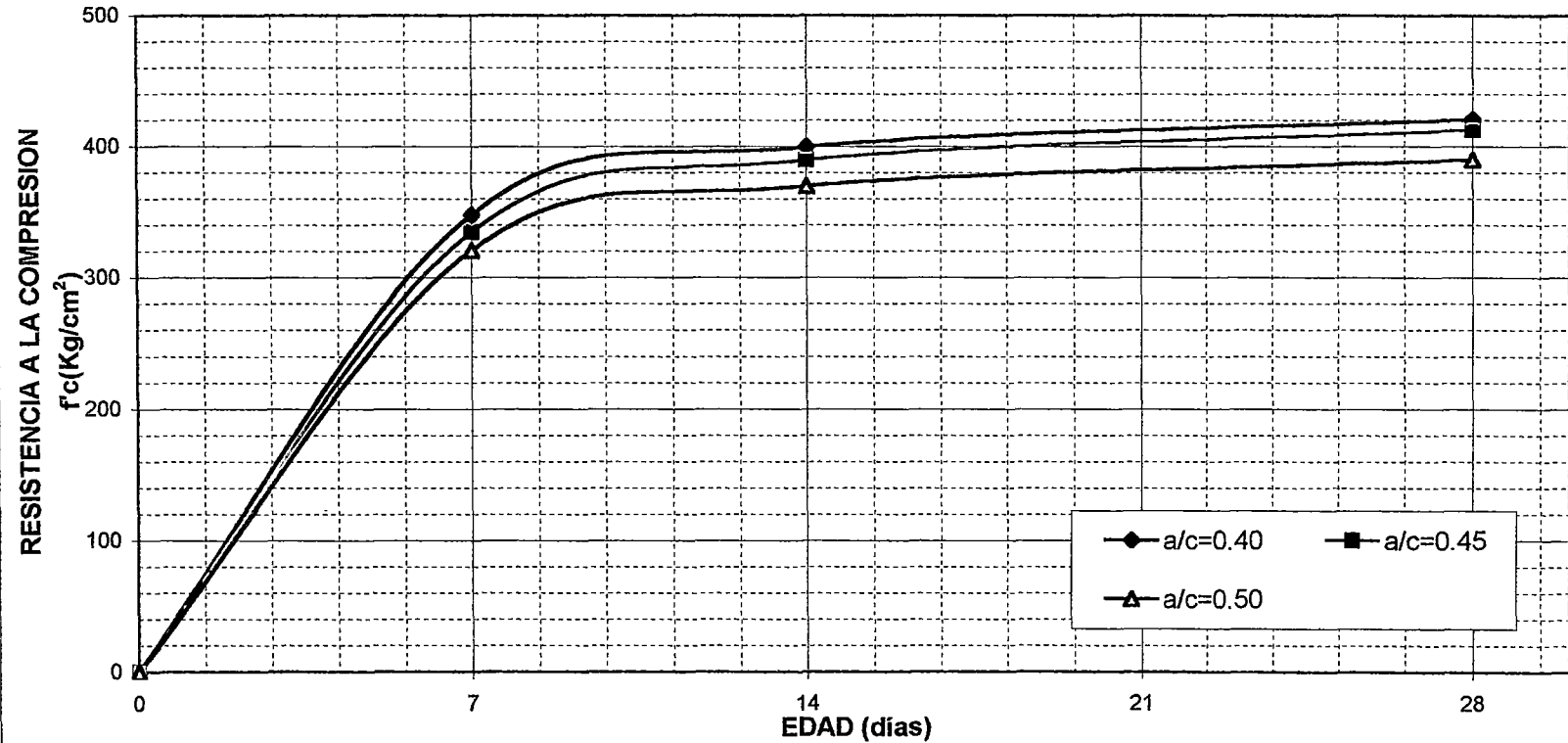
6.6.2 CONCRETO AL ESTADO ENDURECIDO

GRAFICO 6.6
(Ver Cuadro N° 6.1.2.a)
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CONCRETO
AGREGADO GRUESO BARITINA



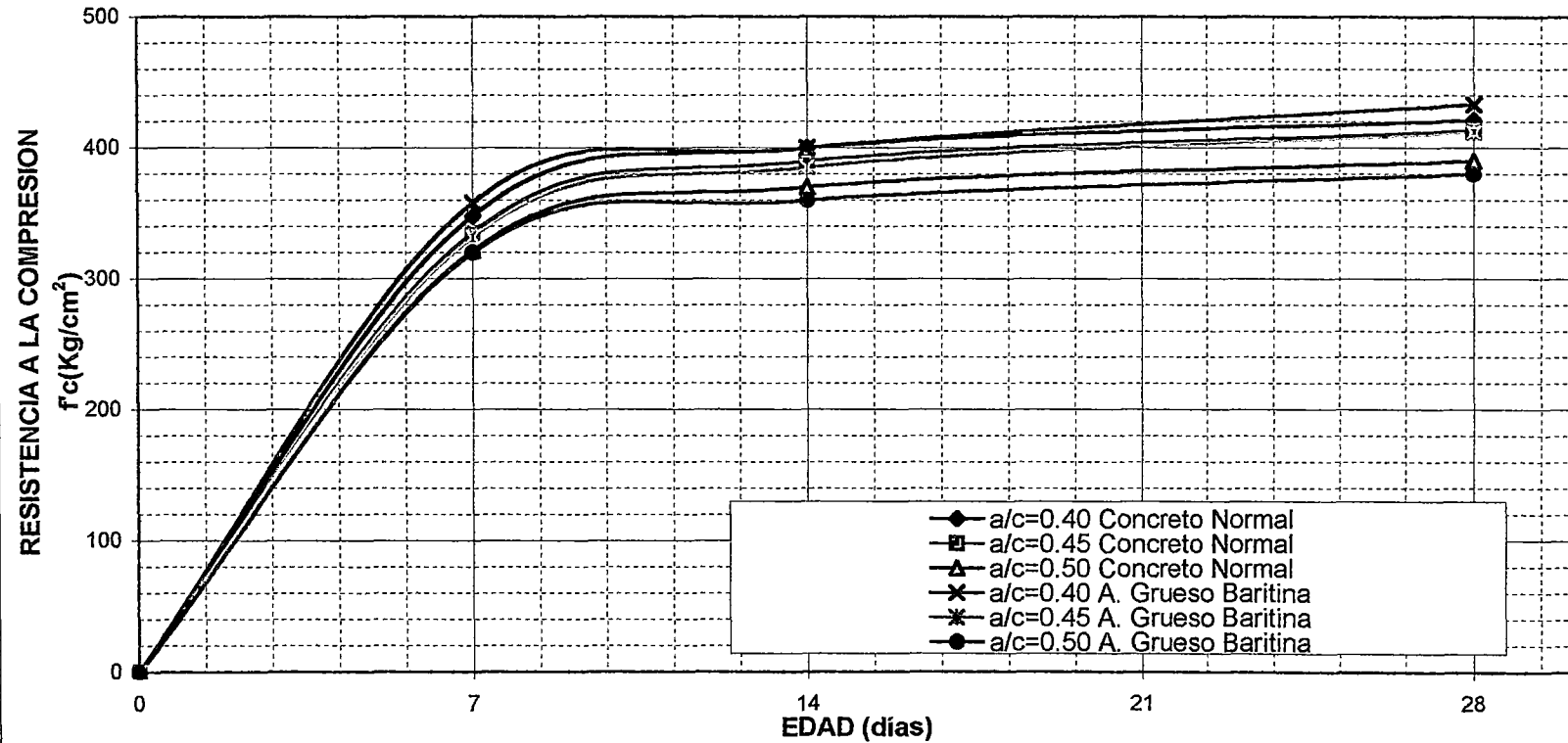
TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

GRAFICO 6.7
(Ver Cuadro N° 6.1.2.b)
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CONCRETO NORMAL

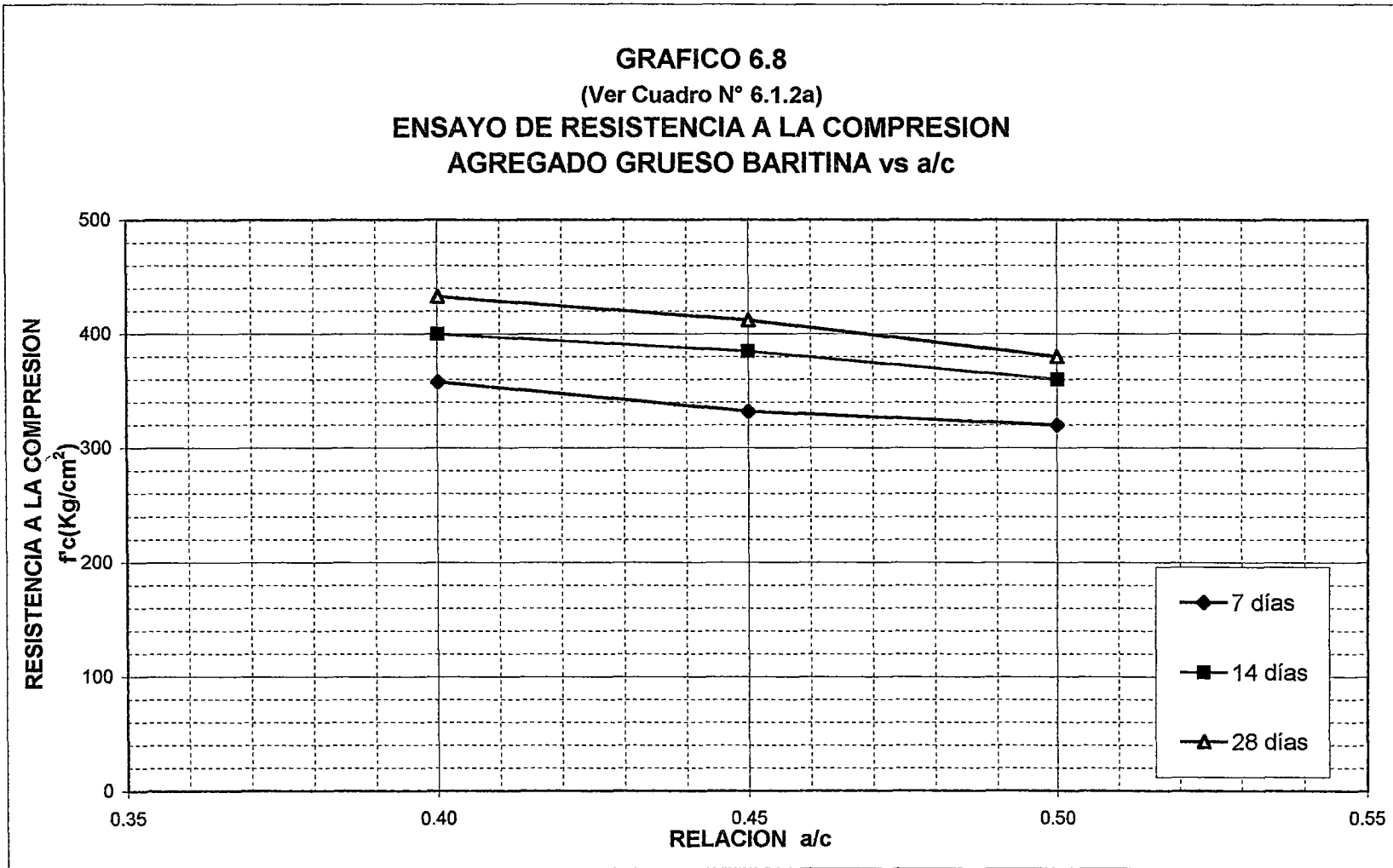


TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

GRAFICO 6.7.a
 (Ver Cuadro N° 6.1.2a y 6.1.2b)
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CONCRETO CON AGREGADO GRUESO BARITINA Y CONCRETO NORMAL

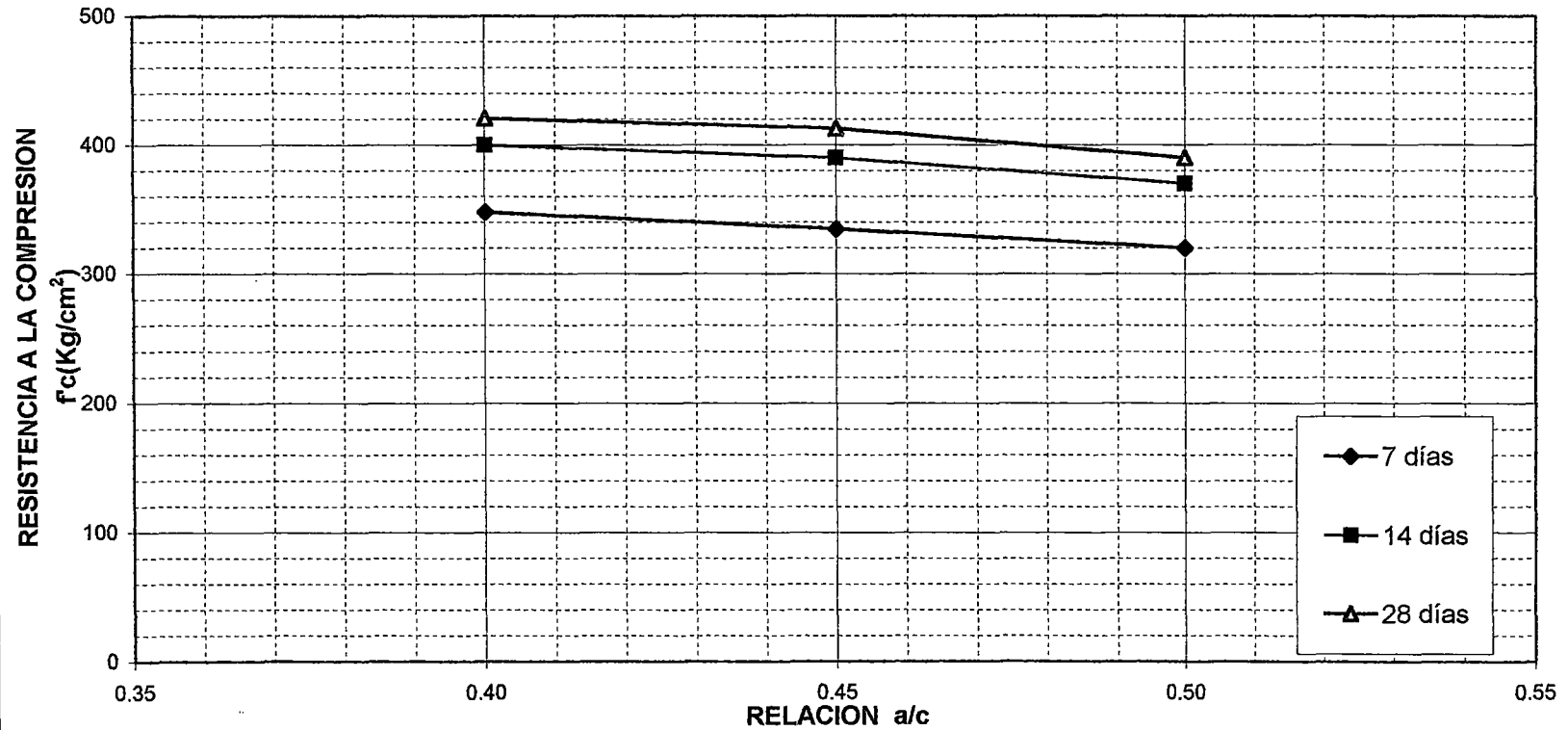


TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I



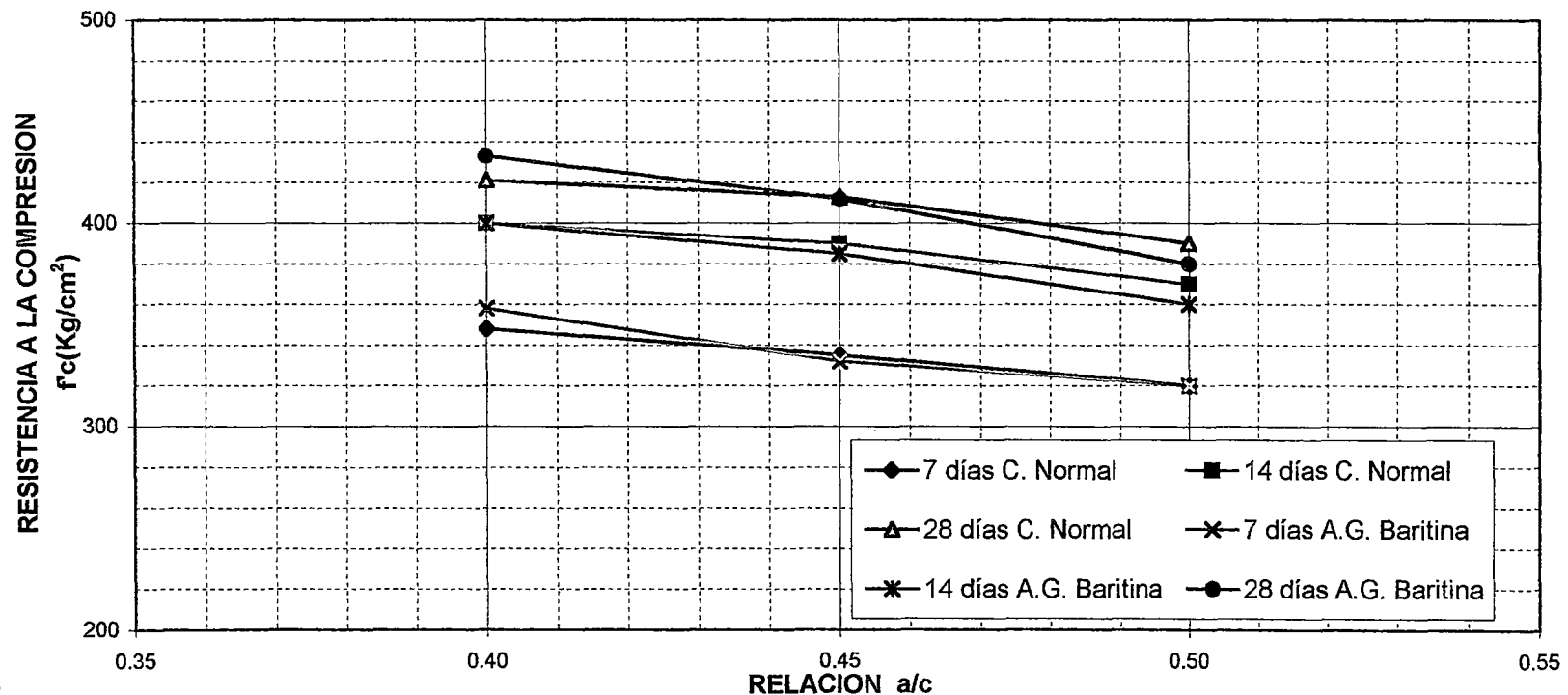
TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

GRAFICO 6.9
(Ver Cuadro N° 6.1.2b)
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
CONCRETO NORMAL vs a/c

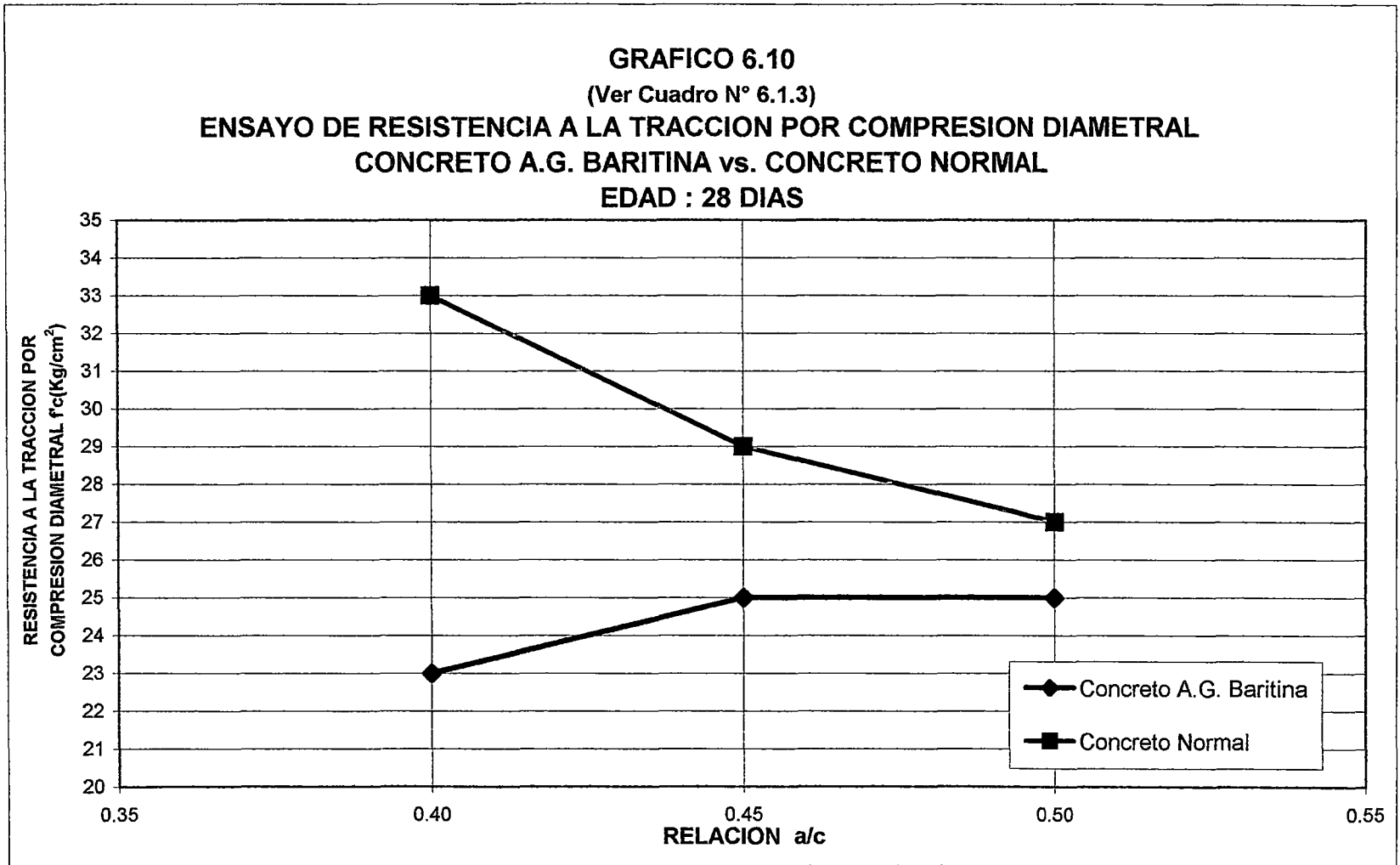


**TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I**

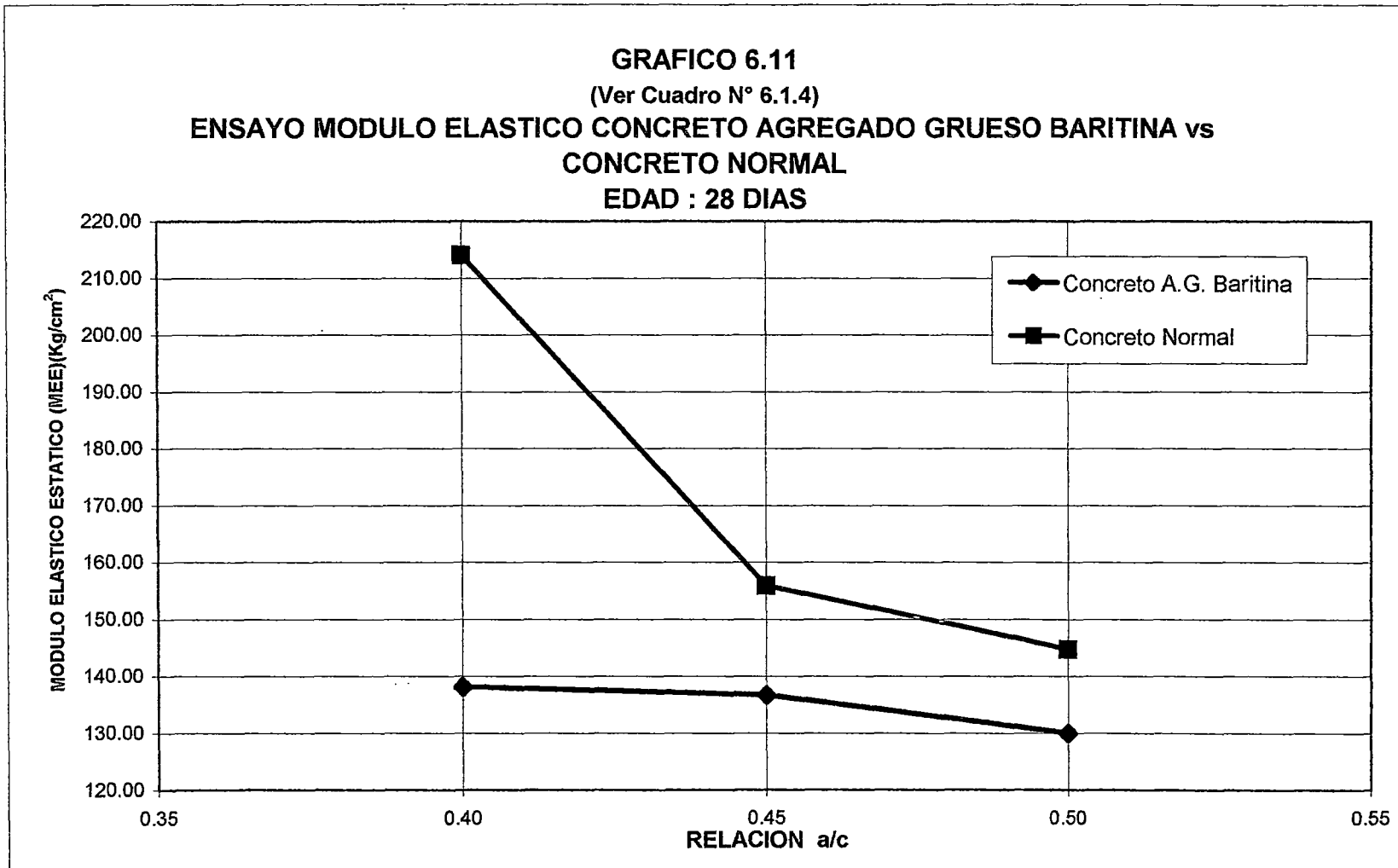
GRAFICO 6.9.a
 (Ver Cuadro N° 6.1.2a y 6.1.2b)
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION
CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CONCRETO NORMAL



**TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
 AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I**



**TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I**



TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

CAPITULO VII

ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.1 INTRODUCCION

En el presente estudio de investigación cuyo tema lleva como título **“Estudio de las Propiedades Físicas del Concreto Pesado, con Agregado Grueso de Baritina y Cemento Pórtland Tipo I”**, obtendremos los análisis de resultados que por ser realizados con un material no convencional en la proporción que corresponde al agregado grueso y por ser un material de yacimiento minero al estado natural será de mucha importancia en virtud de que cada uno de los Ensayos realizados nos permitirá obtener y conocer más a fondo los diferentes estados del concreto con este tipo de material por la particularidad de poseer un peso unitario mucho mayor que la del concreto normal en virtud de su alto peso específico del agregado grueso de baritina, así mismo nos permitirá obtener las conclusiones y/o recomendaciones la misma que será evaluadas en el capítulo IX de la presente tesis.

7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

7.2.1 De los Materiales Empleados

7.2.1.1 Cemento

Este tipo de cemento es producido en el Perú el cual tiene bajo calor de hidratación posee un peso específico de 3.11 gr/cm^3 ;

superficie específica 29.7 m²/kg (algo mayor que el mínimo establecido que es de 28 m²/kg) según Norma NTP 334.009 con un contenido de aire 6.60% menor al máximo establecido en la norma (12%) NTP 334.009, presentando así mismo una consistencia normal de 24.5% según norma NTP 334.009 el tiempo de fraguado inicial (minutos) 118, según norma NTP (45 minutos) mínimo, el tiempo de fraguado final (minutos) 275, según norma NTP (375 minutos), máximo, este cemento alcanza resistencia a los 7 días de 268 Kg/cm² siendo según Norma 334.009 de (195 kg/cm²) como mínimo, a los 278 días alcanza una resistencia de 326 kg/cm² según norma NTP 334.009 (no específica) de igual modo posee una expansión volumétrica autoclave de 0.054% según norma NTP 334.009 (0.8% máximo).

7.2.1.2 Agregado Fino

Este material procede de la Cantera La Gloria Grande la cual es un material que pasa por 02 proceso de limpieza de finos, es decir, eliminación de partículas que pasan la malla N° 200. el primer proceso es en seco mediante un sistema de ciclón o ventilador que absorbe los finos de la arena y los elimina hacia una poza de sedimentación, el segundo proceso de limpieza es a continuación de la primera, la arena es llevada por un sistema de escangilones con perforaciones que permite la evacuación del agua de la arena

llevándose los finos que pasan la malla N° 200 en este segundo proceso la arena es lavada y lista para su venta.

1. El agregado fino o arena de cantera La Gloria posee un peso específico de masa superficialmente seco y saturado de 2.632 gr/cm³ la cual se encuentra dentro del rango de los agregados considerados normales [2.5, 2.75].
2. El agregado fino (arena natural) posee una graduación dentro de los límites indicados en la norma (NTP 400.012)
3. El agregado fino tiene un módulo de finura de 3.08 que se encuentra dentro del rango establecidos para agregado normal [2.35, 3.15], MF [2.8 – 3.1] recomendable concretos de alta resistencia.
4. Posee una superficie específica de 44.87 cm²/gr.
5. Este material agregado fino posee una absorción en porcentaje de 1.235% y un contenido de humedad en porcentaje de 9.05%.

7.2.1.3 Agregado Grueso de Baritina

1. El tamaño máximo nominal del agregado grueso de baritina es de 1” y el tamaño máximo del agregado grueso de baritina es de 1 ½”.
- T. Máximo Nominal 1” , T. Máximo = 1 ½”

Para las consideraciones de diseño se usará el tamaño máximo nominal para la elección de la cantidad aproximada de agua de diseño.

2. La granulometría cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.012 siendo este agregado chancado presentando forma geométrica cúbica y angulares de color entre rosado y naranja.
3. Presentando valores de absorción en porcentajes de 2.49% y contenido de humedad en porcentaje de 0.55%, modulo de finura de 7.53.

$$\text{p.e.} = 3.61 \text{ gr/cm}^3$$

7.2.1.4 Agregado Global

1. Considerando el máximo peso unitario compactado de la combinación de agregados, así como el criterio de máxima resistencia a la compresión a la edad de 7 días. Considerando así mismo la trabajabilidad usamos la siguiente relación de agregados:

- Arena: 45%

- Baritina: 55%

$$A/B = 45/55$$

7.2.1.5 De los diseños de mezcla

1. Se realizarán diseños de mezcla para las relaciones de agua – cemento siguientes:

a/c = 0.40, 0.45, 0.50 con relación de agregados de:

arena/baritina

$$A/B = 45/55$$

Lográndose obtener valores en el contenido de cemento de: 735, 611, 510 kg/m³ y agua de diseño de 294, 275, 255 lt/m³ para las relaciones antes mencionadas (ver cuadro N° 3.0.17).

Comparados con un concreto normal para las mismas relaciones de agua – cemento a/c = 0.40, 0.45, 0.50, se obtuvieron contenidos de cemento de 683, 544, 450 kg/m³ y agua de diseño de 273, 245, 225 lt/m³ para las relaciones de a/c antes mencionadas (ver cuadro N° 3.0.18).

En los dos diseños de mezclas anteriormente mencionados se ha cumplido con el requerimiento para mezclas plásticas de asentamiento (3'' - 4'').

7.2.1.6 De los ensayos del concreto en estado fresco

1. Consistencia

Esta evaluación se realiza mediante el ensayo de consistencia del concreto fresco. Para esto empleamos la mesa de flujo o mesa de sacudidas, la cual nos permitirá comparar los índice de consistencia para el concreto patrón o concreto con agregado normal y el concreto con agregado grueso de baritina.

CUADRO N° 7.2.1

INDICE DE CONSISTENCIA		
a/c	Concreto A.G. normal (%) Concreto A.G. de Baritina (%)	Concreto Patrón o normal (%) Concreto AG. de Baritina (%)
0.40	90.8	100
	76.00	83.70
0.45	86.00	100
	61	71.93
0.50	77.2	100
	55.32	71.66

Observándose que los valores de índice de consistencia del agregado grueso de baritina que es la razón de esta investigación tiene valores menores que la del concreto patrón para las mismas relaciones de agua / cemento esto nos conlleva a concentrarnos y tener siempre presente las propiedades físicas del agregado grueso de baritina como: peso específico de masa s. seco, % de absorción, % de humedad, PUC, parámetros que están influenciando en estos resultados (ver cuadro N° 4.74).

2. Peso Unitario

Del mismo modo haciendo uso del ensayo de Peso Unitario para concreto pesado, con agregado grueso de baritina.

CUADRO N° 7.2.2

PESO UNITARIO		
a/c	Concreto A.G. normal (Kg/m ³) Concreto A.G. de Baritina (Kg/m ³)	Concreto Patrón (%) Concreto AG. de Baritina (%)
0.40	2348	100
	2556.50	108
0.45	2377	100
	2697.74	113.5
0.50	2380	100
	2761.3	116.0

Del ensayo de peso unitario obtenemos un incremento en los valores del peso unitario con agregado grueso de baritina respecto al concreto patrón o concreto con agregado normal confirmándose así que modificando los pesos específicos de los agregados se incrementarían como en el caso de nuestra investigación o disminuirán el peso unitario. Para nuestro caso se incrementa debido al alto peso específico del agregado grueso de baritina en virtud de los diferentes tipos de agregados empleados se suscitan las modificaciones más importantes en el peso unitario dando lugar de estos a:

CONCRETO NORMAL

CONCRETO LIVIANO

CONCRETO PESADO

(ver cuadro N° 4.7.2)

3. Contenido de Aire

En este ensayo del concreto en estado fresco siempre existirá un pequeño % de aire atrapado, el cual depende del aporte de los agregados, condiciones de operación, granulometría y tamaño máximo. En nuestra investigación podemos darnos cuenta en el siguiente cuadro como correlacionan estos valores tanto para el concreto patrón con agregado natural como para el concreto pesado con agregado grueso de baritina.

CUADRO N° 7.2.3

CONTENIDO DE AIRE		
a/c	Concreto A.G. normal o patrón Concreto A.G. de Baritina	Concreto normal o Patrón (%) Concreto AG. de Baritina (%)
0.40	2.17	100
	2.05	94.5
0.45	2.02	100
	5.40	267.3
0.50	1.13	100
	5.91	523.01

de los valores obtenidos podemos apreciar el concreto pesado con agregado de baritina se incrementa aproximadamente en progresión geométrica según se incrementa la relación agua / cemento respecto al concreto patrón o con agregado normal (ver cuadro N° 4.7.2).

4. Asentamiento:

En este ensayo del asentamiento del concreto fresco, llamado también del cono de Abrams, el cual también es uno de los métodos de laboratorio para determinar la consistencia del

concreto siguiendo recomendaciones de la norma ASTM C-143 en virtud de ser prácticamente el único utilizado bajo condiciones de obra, debido a su versatilidad.

Como el propósito de la presente investigación es la obtención de valores de asentamiento que estén entre (3" – 4") la cual es el rango para obtener mezclas plásticas tanto para el concreto patrón o con agregado normal como para el concreto con agregado grueso de baritina no experimentan mucha variación en el asentamiento para las mismas relaciones de agua/cemento (Ver cuadro N° 4.7.4)

CUADRO N° 7.2.4

ASENTAMIENTO		
a/c	Concreto A.G. normal o patrón ("") Concreto A.G. de Baritina ("")	Concreto normal o Patrón (%) Concreto AG. de Baritina (%)
0.40	3 ¾	100
	3 ½	93.3
0.45	3 ½	100
	3 ½	100
0.50	3 ¼	100
	3 ½	107.7

5. Exudación

Los valores de porcentaje de exudación para las diferentes relaciones de agua / cemento, para el concreto con agregado grueso de baritina resultan ser bajas comparados con el concreto con agregado normal, es decir, mientras que para el concreto con agregado grueso de baritina exudaron de (16-19.4) ml de agua siendo el 0.34% y 0.37% del agua de mezclado por otro lado con el concreto con agregado normal exudaron de (29.59) ml de agua,

siendo el 0.51% y 1.14% del agua de mezclado, es decir, aquí el tipo de agregado y sus propiedades físicas de Humedad, Absorción influyen bastante, es decir:

CUADRO N° 7.2.5

EXUDACIÓN		
a/c	Concreto A.G. normal o patrón (ml) Concreto A.G. de Baritina (ml)	Concreto normal o Patrón (%) Concreto AG. de Baritina (%)
0.40	52.23	100
	17.6	33.7
0.45	29	100
	19.4	66.9
0.50	59	100
	16	27.1

El concreto pesado con agregado grueso de baritina experimenta menor velocidad de ascensión capilar del agua de mezcla obteniéndose así una mejor hidratación en la mezcla evitando generación de poros capilares por ascenso del cemento (ver cuadro N° 4.7.3).

6. Tiempo de Fraguado

Para el ensayo de tiempo de fraguado obtenemos valores tanto para el concreto pesado, con agregado grueso de baritina y concreto normal en un rango de variación en porcentaje del 25% al 30% respecto al concreto patrón, es decir, que el tiempo de fraguado para el concreto pesado con agregado grueso de baritina es menor respecto al concreto normal para las mismas relaciones de agua – cemento $a/c = 0.40, 0.45, 0.50$ respectivamente, el TFF se acelera.

CUADRO N° 7.2.6

TIEMPO DE FRAGUADO			
a/c	Concreto A.G. normal o patrón (H: min)	Concreto AG. de Baritina (H:min) % respecto del patrón	% respecto del patrón
0.40	TFI = 3H:37	TFI = 3H:37	100
	TFF = 6H:24	TFF = 4H:45	74.2
0.45	TFI = 3H:45	TFI = 3H:30	93.3
	TFF = 6H:39	TFF = 4H:41	70.4
0.50	TFI = 3H:54	TFI = 3H:41	94.4
	TFF = 6H:15	TFF = 4H:53	78.1

(Ver cuadro N° 4.7.3)

7.2.1.7 De los Ensayos del Concreto en Estado Endurecido

Del ensayo de resistencia a la compresión tanto para el concreto pesado con agregado grueso de baritina y concreto normal.

La correlación de valores para las mismas edades y relación de agua – cemento a/c = 0.40, 0.45, 0.50, respecto al concreto curado a los 28 días, observamos que no existe mucha dispersión en sus valores para los 7 y 14 días respectivamente siendo la variación máxima de 2.63%.

CUADRO N° 7.2.7

Resistencia a los 28 días 100% (concreto patrón edad 28 días)

Para concreto normal a/c = 0.40 y 7 días de curado	82.62%	d = 0.02%
Para concreto pesado a/c = 0.40 y 7 días de curado	82.68%	
Para concreto normal a/c = 0.45 y 7 días de curado	81.11%	d = 0.53%
Para concreto pesado a/c = 0.45 y 7 días de curado	80.58%	
Para concreto normal a/c = 0.50 y 7 días de curado	82.31%	d = 1.90%
Para concreto pesado a/c = 0.50 y 7 días de curado	84.21%	
Para concreto normal a/c = 0.40 y 14 días de curado	95.01%	d = 2.63%
Para concreto pesado a/c = 0.40 y 14 días de curado	92.38%	
Para concreto normal a/c = 0.45 y 14 días de curado	94.43%	d = 0.98%
Para concreto pesado a/c = 0.45 y 14 días de curado	93.45%	
Para concreto normal a/c = 0.50 y 14 días de curado	94.87%	d = 13%
Para concreto pesado a/c = 0.50 y 14 días de curado	94.74%	

Así mismo obtendremos valores del 100% para c/u de las relaciones de agua – cemento a los 28 días (Ver cuadro N° 5.1.9)

1. Del ensayo de resistencia a la compresión

Para el concreto pesado como para el concreto normal su correlación individual para cada relación agua – cemento $a/c = 0.40$, 0.45 , 0.50 y edades a los 7, 14, 28 días respectivamente solo hay una ligera dispersión en sus valores cuantificado en un máximo de 2.85% de variación.

CUADRO N° 7.2.8

Concreto patrón 7 días (100%)

Para concreto normal $a/c = 0.40$ y 7 días de curado	100.00%	d = 2.87%
Para concreto pesado $a/c = 0.40$ y 7 días de curado	102.87%	
Para concreto normal $a/c = 0.45$ y 7 días de curado	100.00%	d = 0.9%
Para concreto pesado $a/c = 0.45$ y 7 días de curado	99.10%	
Para concreto normal $a/c = 0.50$ y 7 días de curado	100.00%	d = 0.31%
Para concreto pesado $a/c = 0.50$ y 7 días de curado	99.69%	

CUADRO N° 7.2.9

Concreto patrón 14 días de curado (100%)

Para concreto normal $a/c = 0.40$ y 14 días de curado	100.00%	d = 0%
Para concreto pesado $a/c = 0.40$ y 14 días de curado	100.00%	
Para concreto normal $a/c = 0.45$ y 14 días de curado	100.00%	d = 1.28%
Para concreto pesado $a/c = 0.45$ y 14 días de curado	98.72%	
Para concreto normal $a/c = 0.50$ y 14 días de curado	100.00%	d = 2.7%
Para concreto pesado $a/c = 0.50$ y 14 días de curado	97.30%	

CUADRO N° 7.2.10

Concreto patrón 28 días de curado (100%)

Para concreto normal a/c = 0.40 y 28 días de curado	100.00%	d = 2.85%
Para concreto pesado a/c = 0.40 y 28 días de curado	102.85%	
Para concreto normal a/c = 0.45 y 28 días de curado	100.00%	d = 0.29%
Para concreto pesado a/c = 0.45 y 28 días de curado	99.76%	
Para concreto normal a/c = 0.50 y 28 días de curado	100.00%	d = 2.56%
Para concreto pesado a/c = 0.50 y 28 días de curado	97.44%	

2. Del ensayo a la tracción por compresión diametral

Del concreto pesado con agregado grueso de baritina y el concreto normal edad: 28 días no existe mucha dispersión en la correlación de sus valores respecto a c/u de las relaciones de agua – cemento a/c = 0.45, 0.50 para lo cual vemos que el concreto normal y concreto pesado sigue una misma tendencia en el comportamiento al estado endurecido. Para la relación a/c = 0.40 si existe una diferencia notable la cual visualizaremos a continuación:

CUADRO N° 7.2.11

Concreto normal	a/c = 0.40	ft = 33 kg/cm ²	d = 10 kg/cm ²
Concreto pesado	a/c = 0.40	ft = 23 kg/cm ²	
Concreto normal	a/c = 0.45	ft = 29 kg/cm ²	d = 4 kg/cm ²
Concreto pesado	a/c = 0.45	ft = 25 kg/cm ²	
Concreto normal	a/c = 0.50	ft = 27 kg/cm ²	d = 2 kg/cm ²
Concreto pesado	a/c = 0.50	ft = 25 kg/cm ²	

(Ver cuadro N° 5.2.4)

Evaluaremos su correlación expresado en porcentajes para relación a/c = 0.40, 0.45, 0.50, edad: 28 días considerando al concreto normal como el 100%.

Concreto normal	a/c = 0.40	100%
Concreto pesado	a/c = 0.40	69.70%
Concreto normal	a/c = 0.45	100%
Concreto pesado	a/c = 0.45	86.21%
Concreto normal	a/c = 0.50	100%
Concreto pesado	a/c = 0.50	92.59%

(Ver cuadro N° 5.2.5)

3. Del ensayo de módulo de elasticidad estático

Concreto pesado con agregado grueso de baritina y el concreto normal ocurre idénticamente la tendencia en la correlación de valores a la edad: 28 días.

Concreto normal	a/c = 0.40	M.EE = 214.029 kg/cm ²
Concreto pesado	a/c = 0.40	M.EE = 138.121 kg/cm ²
Concreto normal	a/c = 0.45	M.EE = 155.882 kg/cm ²
Concreto pesado	a/c = 0.45	M.EE = 136.706 kg/cm ²
Concreto normal	a/c = 0.50	M.EE = 144.728 kg/cm ²
Concreto pesado	a/c = 0.50	M.EE = 129.927 kg/cm ²

(Ver cuadro N° 5.3.3)

Para observar mejor esta tendencia en la correlación de valores presentamos estos en porcentajes.

Concreto normal	a/c = 0.40	M.EE = 100%
Concreto pesado	a/c = 0.40	M.EE = 64.53%

Concreto normal	$a/c = 0.45$	M.EE = 100%
Concreto pesado	$a/c = 0.45$	M.EE = 87.70%
Concreto normal	$a/c = 0.50$	M.EE = 100%
Concreto pesado	$a/c = 0.50$	M.EE = 89.77%

(Ver cuadro N° 5.3.4)

CAPITULO VIII

ANÁLISIS DE COSTO

8.1 INTRODUCCION

Cada vez que se realice un trabajo de investigación es importante conocer el costo que este representa.

Este análisis de costos se obtiene en base a los resultados obtenidos para luego mediante ellos analizar su posibilidad de uso en determinado proyecto.

8.2 ANALISIS DE COSTOS

En el presente capítulo presentamos el análisis de costos por m³ de concreto para los diseños de mezcla para las relaciones a/c=0.40, 0,45 y 0.50 para el concreto con agregado grueso de baritina y para un concreto normal.

Dicho análisis se detalla en los Cuadros N° 8.2.1, 8.2.2, 8.2.3 y 8.2.4 (Ver Anexo II).

COSTO DEL CONCRETO POR METRO CUBICO EMPLEANDO

AGREGADO GRUESO DE BARITINA

A/B	A/C	AGUA DE DISEÑO (lt/m ³)	CEMENTO (bol/m ³)	COSTO POR m ³ DE CONCRETO (Nuevos Soles)	f'c 28 días (Kg/cm ²)
45/55	0.40	294	17	466.65	433
	0.45	275	14	417.37	412
	0.50	255	12	386.46	380

COSTO DEL CONCRETO POR METRO CUBICO CONCRETO

NORMAL

A/B	A/C	AGUA DE DISEÑO (lt/m ³)	CEMENTO (bol/m ³)	COSTO POR m ³ DE CONCRETO (Nuevos Soles)	f'c 28 días (Kg/cm ²)
47/53	0.40	273	16	395.40	421
	0.45	245	13	339.67	413
	0.50	220	11	302.59	390

PRECIOS CONSIDERADOS PARA EL CALCULO DEL COSTO

POR METRO CUBICO DE CONCRETO A JUNIO 2002

DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO
Cemento Pórtland	Bls	19.20
Arena	m ³	14.00
Piedra de 1/2"	m ³	44.17
Baritina	Ton	280.00
Agua	m ³	10.00

- Estos precios no incluyen IGV.
- Moneda Nacional Nuevos Soles.

DATOS ADICIONALES

- Peso específico del cemento : 3,110 Kg/m³
- Peso específico de arena : 2,632 Kg/m³
- Peso específico de piedra : 2,730 Kg/m³
- Peso específico de baritina : 3,610 Kg/m³

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 GENERALIDADES

En este presente trabajo de investigación una vez que hemos concluido los trabajos de laboratorio y de gabinete lo cual implica hacer un análisis de los resultados de los diferentes ensayos del concreto al estado fresco como al estado endurecido establecemos las conclusiones y recomendaciones desde un punto de vista del análisis científico, cualitativo y cuantitativo de los respectivos ensayos realizados propuestos en nuestro presente trabajo de investigación.

La presente tesis de investigación ha tratado sobre **“Estudio de las propiedades Físicas del concreto Pesado, con Agregado Grueso de Baritina y Cemento Pórtland Tipo I Sol”**

Los materiales empleados para este presente trabajo de investigación son cemento Pórtland tipo I “Sol” fabricado por la empresa Cementos Lima, como agregado grueso utilizamos la baritina procedente de Cocachacra Km 45+00 de la Carretera Central, lo cual es chancado por la molienda de la empresa HALLIBURTON SA, ubicada en la Carretera Central Km. 14+800, el agregado fino, procede de la Cantera Gloria Grande hoy se conoce como Cantera de la concretera FIRTS ubicada en la Carretera Central Km. 14+800.

El objetivo de la presente Tesis es cuantificar todas las propiedades físicas del concreto pesado con agregado grueso de baritina al estado fresco como al estado endurecido de tal manera tener a la mano una herramienta que

nos permita utilizarlo en cualquier eventualidad, en virtud de que el adelanto tecnológico esta permitiendo el uso de la energía nuclear lo cual esta generando su aplicación en los distintos campos de la tecnología como biología, medicina, agricultura, etc.

El hombre se ve obligado a buscar la manera de protegerse de estas radiaciones.

Todos los materiales son capaces de disminuir la energía de las partículas y atenuar radiaciones, pero lógicamente habrán unos mas eficaces que otros por sus mejores condiciones de empleo y adecuación a los fines que perseguimos.

Este es el objetivo de la presente investigación darle al ingeniero una pequeña herramienta para la solución de problemas de esta índole.

Para lograr este objetivo se ensayaron mezclas de concreto para las relaciones $a/c=0.40, 0.45, 0.50$ con asentamiento de 3" – 4" garantizando de esta manera la elaboración de mezclas plásticas y buena trabajabilidad.

Todos los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayos de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, empleando equipos debidamente calibrados y siguiendo normas estandarizados, luego de analizar los resultados obtenidos llegamos a las siguientes conclusiones y recomendaciones.

9.2 CONCLUSIONES

1. Los materiales empleados en los diseños de mezcla tanto para el concreto normal como para el concreto pesado cumplen con todos los requisitos y Normas Técnicas Peruanas para el Diseño de Mezcla de Concreto.
2. Con respecto al contenido de cemento se ha empleado una mayor cantidad de cemento por m^3 para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 alcanzando valores de 107% , 112% y 113% con respecto al concreto patrón.
3. Con respecto al porcentaje de flujo para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 , para el concreto patrón alcanza valores de 77% a 90% y para el concreto pesado con agregado grueso de baritina se alcanza valores de 55% a 76% respecto al concreto patrón de lo cual podemos concluir que las mezclas con agregado grueso de baritina tienen menor porcentaje de flujo.
4. Con respecto al peso unitario podemos concluir que el concreto con agregado grueso de baritina para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 , son mayores, alcanzando valores de 109% , 114% y 116% con respecto al concreto patrón.
5. Con respecto al contenido de aire se concluye que para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 se obtuvo los siguientes valores de 94% , 267% y 523% respecto al concreto patrón.

6. Con respecto a la exudación para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 obtenemos valores aleatorios de 28%, 55% y 22% respecto al concreto patrón.

7. Con respecto al tiempo de fraguado se concluye lo siguiente:

Primero: El tiempo de fraguado inicial para ambos concretos y para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 se obtuvieron valores similares.

Segundo: El tiempo de fraguado final alcanzaron valores del 71% respecto al concreto patrón para las mismas relaciones a/c , lo cual concluimos que el T.F. para el concreto pesado con agregado grueso de baritina es menor.

Concreto en Estado Endurecido

1. La resistencia en compresión para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 , alcanza valores de 103%, 99% y 98% con respecto al concreto patrón.

2. Para la resistencia a la tracción por compresión diametral y para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 se obtuvo los siguientes valores 70%, 85% y 92% con respecto al concreto patrón.

3. Para el modulo elástico y para las relaciones $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 se obtuvo los siguientes valores de 65%, 88% y 90% con respecto al concreto patrón.

De lo que podemos concluir que a medida que aumenta la relación a/c para valores mayores a 0.50 estos tienden alcanzar valores similares al concreto patrón.

9.3 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los agregados ha emplearse deberán cumplir con todas las Especificaciones y Normas Técnicas Peruanas para la elaboración de este tipo de concreto pesado.
2. En cuanto al empleo del cemento esta será almacenado y protegido convenientemente para mantener una uniformidad en las características del concreto al estado fresco como al estado endurecido.
3. Se recomienda usar encofrados metálicos en virtud de que el concreto pesado ejerce mayor presión sobre esta debido a su mayor Peso Unitario; de utilizar encofrados de madera se deberá hacer previamente un diseño de encofrado.
4. Se recomienda no utilizar el agregado grueso de baritina para la fabricación de concretos asfálticos con fines de pavimentación en virtud de su alto porcentaje de desgaste en el ensayo de los ángeles lo cual ocasionara un envejecimiento prematuro en la carpeta asfáltica.
5. Se recomienda limpiar el agregado grueso de baritina ya sea mediante dos procesos vía seca o vía húmeda, debido a que este material procede de asientos mineros y este material es extraído con explosivos lo cual presenta en su superficie mucho polvo.
 - a. Vía seca: Se deberá zarandear el agregado de baritina con arena gruesa a fin de limpiar el polvillo que viene adherido en las partículas de baritina en proporciones adecuadas de tal manera que la arena cubra dichas partículas.
 - b. Vía húmeda: Se deberá lavar dicho agregado. Todo esto se realizará antes de la fabricación del concreto.

6. Recomendamos hacer una investigación de concreto pesado con agregado grueso y fino de baritina a fin de garantizar un mayor peso unitario en el concreto.
7. Se recomienda el uso de concreto pesado en la fabricación de grandes volúmenes de concreto por los menores espacios ocupados.
8. Finalmente recomendamos hacer otra investigación del concreto pesado con agregado grueso de baritina utilizando un aditivo super plastificante.

ANEXOS Y PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO I

- PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.
- AGREGADO GLOBAL.
- DETERMINACIÓN DEL MÁXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL.

ANEXO II : PRESENTACIÓN DE CUADROS

- ENSAYO DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA AL ESTADO FRESCO.
- ENSAYO DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA AL ESTADO ENDURECIDO.

PANEL FOTOGRAFICO

ANEXOS

ANEXO : I

- **PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS**
- **AGREGADO GLOBAL**
- **DETERMINACION DEL MAXIMO PESO UNITARIO
COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL.**

PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

CUADRO DE RESULTADO AGREGADO FINO

**ENSAYO DE PESO UNITARIO
AGREGADO FINO**

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)

CUADRO No. 2.3.1.1

PESO UNITARIO SUELTO	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (grs.)	7800	7800	7800
PESO DE LA VASIJA $V=1/10 \text{ PIE}^3$ (grs)	2810	2810	2810
PESO DE LA MUESTRA SUELTA grs)	4990	4990	4990
CONSTANTE = $1/10 \text{ PIE}^3$ EN (M^3)	0.00283	0.00283	0.00283
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M^3)	1763	1763	1763
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	1763 (Kg/M^3)		

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)

CUADRO No. 2.3.1.1a

PESO UNITARIO COMPACTADO	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (grs.)	8300	8300	8300
PESO DE LA VASIJA $V=1/10 \text{ PIE}^3$ (grs)	2810	2810	2810
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (grs)	5490	5490	5490
CONSTANTE = $1/10 \text{ PIE}^3$ EN (M^3)	0.00283	0.00283	0.00283
PESO UNITARIO COMPACTADO (Kg/M^3)	1940	1940	1940
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	1940 (Kg/M^3)		

$1\text{m}^3 = 35.314 \text{ pie}^3$

FUENTE : FACTORES DE CONVERSION DE INGENIERIA

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN
AGREGADO - FINO**

CUADRO No. 2.3.1.2

	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (grs) (A)	494.3	493.5	493.9
PESO DE LA MUESTRA SUPERFICIALMENTE SECA (grs) (B)	500	500	500
VOLUMEN DEL AGUA (CC)	500	500	500
VOLUMEN DESPLAZADO (CC)	690	690	690
VOLUMEN SUPERFICIAL SECO - (CC) (C)	190	190	190
PESO SUPERFICIALMENTE SECO - PESO SECADO HORNO (grs) (B-A)	5.7	6.5	6.1
VOLUMEN DESPLAZADO - D (CC) (E)	184.3	183.5	183.9

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE CONCRETO
PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y
CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN
AGREGADO FINO**

CUADRO No. 2.3.1.2a

- PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm ³) (A/C)	2.601	2.597	2.599
- PROMEDIO PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³)		2.600	
- PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA gr/cm ³) (B/C)	2.632	2.632	2.632
- PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA (gr/cm ³)		2.632	
PESO ESPECIFICO APARENTE (A/E)	2.682	2.689	2.686
PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO APARENTE		2.686	
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $\frac{(B-A)}{A} \times 100$	1.153	1.317	1.235
PROMEDIO % DE ABSORCIÓN		1.235	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO

AGREGADO FINO

CUADRO No. 2.3.1.3

197

TAMIZ No.	PESO RETENIDOS EN CADA MALLA (GRS)					PESO RETENIDO PROMEDIO (grs)	PORCENTAJE RETENIDO PROMEDIO (%)	PROMEDIO PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADOS (%)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5				
4	2.1	3.9	2.3	2.6	3.7	2.92	0.58	0.58	99.42
8	92.7	101.7	107.1	87.3	104.6	98.68	19.74	20.32	79.68
16	130.5	136.7	138.1	131.2	137.0	134.7	26.94	47.26	52.74
30	95.2	90.6	95.5	96.7	96.6	94.92	18.98	66.24	33.76
50	79.1	73.5	75.7	83.9	76.5	77.74	15.55	81.79	18.21
100	55.7	50.1	47.5	56.6	48.7	51.72	10.35	92.14	7.86
FONDO	44.7	43.5	33.8	41.7	32.9	39.32	7.86	100.00	0.00

MODULO DE FINURA $MF = \frac{0.58 + 20.32 + 47.26 + 66.24 + 81.79 + 92.14}{100} = 3.08$

100

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECIFICA AGREGADO FINO

CUADRO No. 2.3.1.3a

TAMIZ No	PORCENTJE RETENIDO (I)	DIAMETRO PROMEDIO (II)	(I)/(II)
4	0.58	0.714	0.81
8	19.74	0.357	55.29
16	26.94	0.197	136.75
30	18.98	0.089	213.26
50	15.55	0.044	353.41
100	10.35	0.022	470.45
FONDO	7.86	0.011	714.55
		TOTAL	1944.52

$$\text{SUPERFICIE ESPECIFICA} = \frac{6 \times 1944.52}{100 \times 2.600} = 44.87 \text{ cm}^2/\text{gr}$$

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD:
AGREGADO FINO**

CUADRO NO. 2.3.1.6

CONTENIDO DE HUMEDAD	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (grs)	500	500	500
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (grs)	458.1	458.3	459.3
PESO DEL AGUA (grs)	41.9	41.7	40.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.15	9.10	8.90
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)		9.05	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**CUADRO DE RESULTADO AGREGADO
GRUESO (BARITINA)**

**ENSAYO DE PESO UNITARIO
AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)

CUADRO No. 2.3.1.8

PESO UNITARIO SUELTO	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + VASIJA (grs)	39,5000	39,300	39,450
PESO DE LA VASIJA V=1/2 PIE ³ (grs)	11,800	11,800	11,800
PESO DE LA MUESTRA SUELTA (grs)	27,700	27,500	27,650
CONSTANTE = 1/2 PIE ³ EN (M ³)	0.01416	0.01416	0.01416
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M ³)	1956	1942	1953
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	1950 (Kg/m ³)		

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)

CUADRO No. 2.3.1.8a

PESO UNITARIO COMPACTADO	M-1	M-2	M-3
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (grs)	41,000	41,500	41,300
PESO DE LA VASIJA V=1/2 PIE ³ (grs)	11,800	11,800	11,800
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (grs)	29,200	29,700	29,500
CONSTANTE = 1/2 PIE ³ EN (M ³)	0.01416	0.01416	0.01416
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M ³)	2062	2097	2083
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	2081 Kg/m ³		

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

AGREGADO GRUESO DE BARITINA

CUADRO No. 2.3.1.9

- PESO ESPECIFICO DE MASA (GR/CM ³) (A/C)	3.48	3.62	3.48
- PROMEDIO PESO ESPECIFICO DE MASA		3.53	
- PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA (GR/CM ³) B/C	3.57	3.70	3.57
- PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECA		3.61	
- PESO ESPECIFICO APARENTE A/E	3.82	3.94	3.84
- PROMEDIO PESO ESPECIFICO APARENTE		3.87	
- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) $\frac{(B-A)}{A} \times 100$	2.52	2.25	2.69
- PROMEDIO % ABSORCIÓN		2.49	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO

AGREGADO GRUESO DE BARITINA

CUADRO No. 2.3.1.10

TAMIZ No.	PESO RETENIDOS EN CADA MALLA (grs)					PESO RETENIDO PROMEDIO (grs)	PORCENTAJ E RETENIDO PROMEDIO (%)	PROMEDIO PORCENTAJE RETENIDOS ACUMULADOS (%)	PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)
	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5				
1 1/2"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	1822	2049	2125	2015	1861	1974.4	29	29	71
3/4"	1931	1944	1750	1891	1950	1893.2	28	57	43
1/2"	1967	1955	1866	1724	1875	1877.4	27	84	16
3/8"	918	695	826	901	859	839.8	12	96	4
1/4"	155	182	220	259	237	210.6	3	99	1
FONDO	57	25	63	60	68	54.6	1	100	0

MODULO DE FINURA MF = $\frac{0 + 57 + 96 + 6}{100} \times 100 = 7.53$

100

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECIFICA
AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

CUADRO No. 2.3.1.10a

TAMIZ No.	PORCENTAJE RETENIDO (I)	DIAMETRO PROMEDIO (II)	(I) / (II)
1"	29	3.17	9.15
¾"	28	2.22	12.61
½"	38	1.58	17.10
3/8"	12	1.11	10.81
¼"	3	0.79	3.80
		TOTAL	53.47

205

$$\text{SUPERFICIE ESPECIFICA} = \frac{6 \times 53.47}{100 \times 3.53} = 0.91 \text{ cm}^2/\text{gr.}$$

TAMAÑO NOMINAL MAXIMO 1 ½"

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

AGREGADO GRUESO DE BARITINA

CUADRO No. 2.3.1.15

CONTENIDO DE HUMEDAD	M-1	M-2	M-3
PESO DE MUESTRA HUMEDAD (GRS)	1000	1000	1000
PESO DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (GRS)	993.5	995.8	994.2
PESO DEL AGUA (GRS)	6.5	4.2	5.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.65	0.42	0.58
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)		0.55	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

CUADRO 2.5.3.1

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO "BARITINA"

Muestra : **M-1**

Peso de la Muestra : **6850.0 gr.**

Cantera : **Cerro de Pasco**

Fecha de Ensayo : **20/07/'00**

TAMIZ N°	PESO RETENIDO EN CADA MALLA (gr.)	PORCENTAJE RETENIDO EN CADA MALLA (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA CADA MALLA (%)	ESPECIFICACION TECNICA
1 1/2"	--	--	--	100	100
1"	1974.40	29	29	71	90 -- 100
3/4"	1893.20	28	56	44	40 -- 85
1/2"	1877.40	27	84	16	10 -- 40
3/8"	839.80	12	96	4	0 -- 15
1/4"	210.60	3	99	1	
FONDO	54.60	1	100	0	0 -- 5
TOTAL	6850.0				

CUADRO 2.5.3.1.a

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO

Muestra : **M-2**

Peso de la Muestra : **500.0 gr.**

Cantera : **"La Gloria"**

Fecha de Ensayo : **21/07/'00**

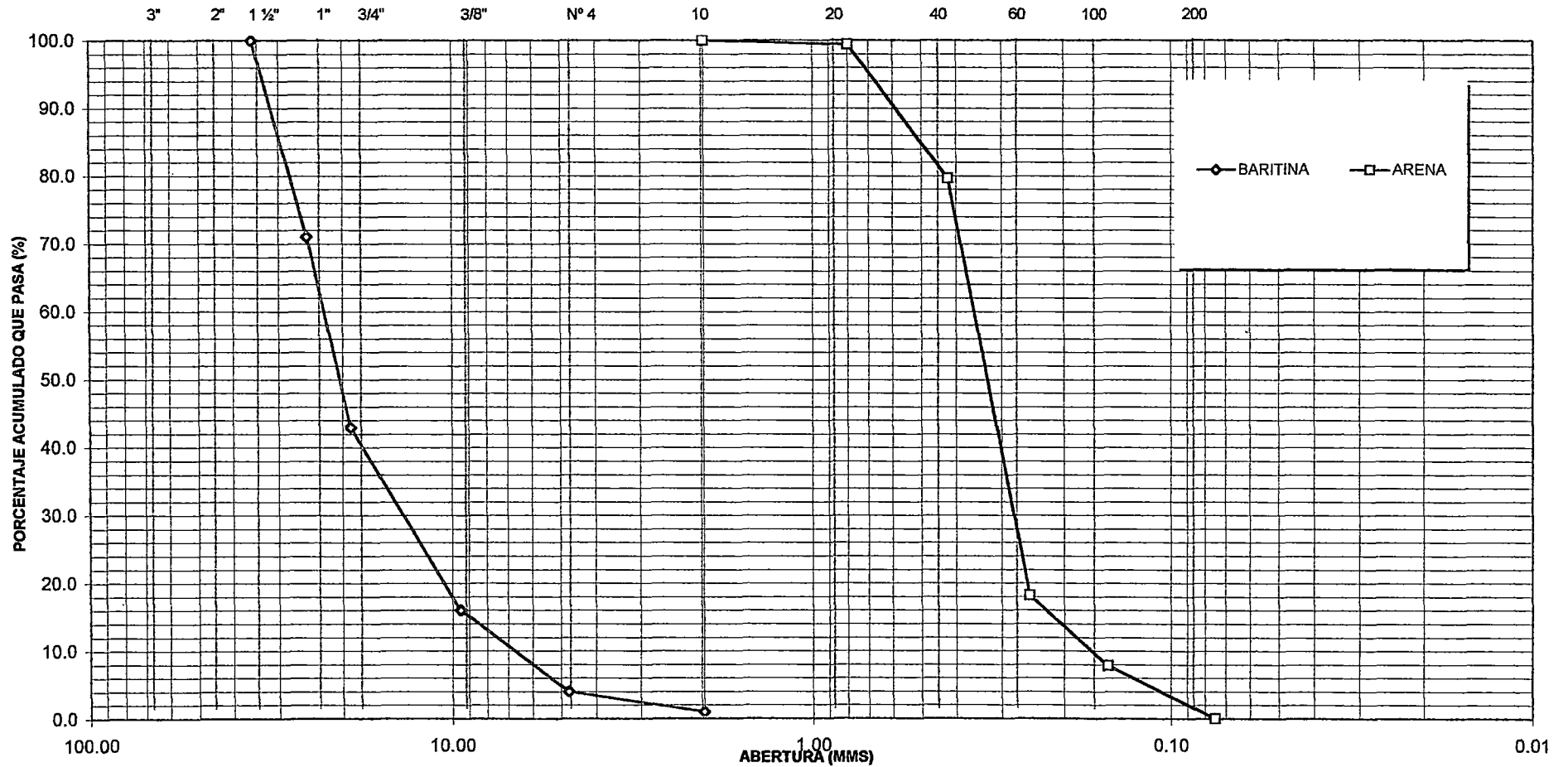
TAMIZ N°	PESO RETENIDO EN CADA MALLA (gr.)	PORCENTAJE RETENIDO EN CADA MALLA (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA CADA MALLA (%)	ESPECIFICACION TECNICA
1/4"	--	--	--	100	100
N°4	2.92	0.58	0.58	99.42	89 -- 100
N°8	98.68	19.74	20.32	79.68	65 -- 100
N°16	134.70	26.94	47.26	52.74	45 -- 100
N°30	94.92	18.98	66.24	33.76	25 -- 80
N°50	77.74	15.55	81.79	18.21	5 -- 48
N°100	51.72	10.34	92.14	7.86	0 - 12
FONDO	39.32	7.86	100.00	0.00	
TOTAL	500.00				

TESIS : "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I"

GRAFICO N° 2.1.0
(Ver Cuadros N° 2.3.1.3 Y 2.3.1.10)

UBICACIÓN : CERRO DE PASCO Y GLORIA GRANDE

FECHA DE OBTENCION : OCTUBRE 200



AGREGADO GLOBAL

DETERMINACIÓN DEL MÁXIMO PESO UNITARIO
COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

ENSAYO DE MAXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

A/B = 40/60

CUADRO No. 2.5.2.1

PESO UNITARIO COMPACTADO	M-1	M-2	M-3
PESO DE MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (grs)	46000	45800	45900
PESO DE VASIJA $V = \frac{1}{2} \text{ PIE}^3$ (grs)	11800	11800	11800
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA (grs)	34200	34000	34100
CONSTANTE = $\frac{1}{2} \text{ PIE}^3$ EN M^3	0.01416	0.01416	0.01416
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M^3)	2415	2401	2408
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M^3)		2408	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MAXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

A/B = 45/55

CUADRO No. 2.5.2.2

PESO UNITARIO COMPACTADO	M-1	M-2	M-3
PESO DE MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (grs)	48500	49000	48400
PESO DE VASIJA $V = 1/2 \text{ PIE}^3$	11800	11800	11800
PESO DE MUESTRA COMPACTADA (grs)	36700	37200	36600
CONSTANTE = $1/2 \text{ PIE}^3$ EN M^3	0.01416	0.01416	0.01416
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M^3)	2592	2627	2585
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		2601	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MAXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO GLOBAL

A/B = 50/50

CUADRO No. 2.5.2.3

PESO UNITARIO COMPACTADO	M-1	M-2	M-3
PESO DE MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (grs)	44500	44500	44800
PESO DE VASIJA V=1/2 PIE ³ (GRS)	11800	11800	11800
PESO DE MUESTRA COMPACTADA (GRS)	32700	32700	33000
CONSTANTE = 1/2 PIE ³ EN M ³	0.1416	0.01416	0.01416
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M ³)	2309	2309	2331
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		2316	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MAXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO DE AGREGADO GLOBAL

A/B= 55/45

CUADRO No. 2.5.2.4

PESO UNITARIO COMPACTADO	M-1	M-2	M-3
PESO DE MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (GRS)	44900	45200	45200
PESO DE VASIJA $V=1/2 \text{ PIE}^3$ (GRS)	11800	11800	11800
PESO DE MUESTRA COMPACTADA (GRS)	33100	33400	33400
CONSTANTE = $\frac{1}{2} \text{ PIE}^3$ EN M^3	0.01416	0.01416	0.01416
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M^3)	2338	2359	2359
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		2352	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MAXIMO PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL

A/B= 60/40

CUADRO No. 2.5.2.5

PESO UNITARIO COMPACTADO	M-1	M-2	M-3
PESO DE MUESTRA COMPACTADA + VASIJA (grs)	43600	43300	43600
PESO DE VASIJA $V=1/2 \text{ PIE}^3$ (GRS)	11800	11800	11800
PESO DE MUESTRA COMPACTADA (GRS)	31800	31500	31800
CONSTANTE = $\frac{1}{2} \text{ PIE}^3$ EN M^3	0.01416	0.01416	0.01416
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M^3)	2246	2225	2246
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		2239	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MAXIMO PESO UNITARIO DEL AGREGADO GLOBAL

CUADRO No. 2.5.2.6

MEZCLA No.	AGREGADO		PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GLOBAL (KG./M ³)			PROMEDIO DEL PESO UNITARIO COMPACTADO
	% FINO (A)	% GRUESO (B)	M-1	M-2	M-3	
1	40	60	2415	2401	2408	2408
2	45	55	2592	2627	2585	2601
3	50	50	2309	2309	2331	2316
4	55	45	2338	2359	2359	2352
5	60	40	2246	2225	2246	2239

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

GRAFICO N° 2.5.2
GRAFICA P.U.C. Vs % PIEDRA

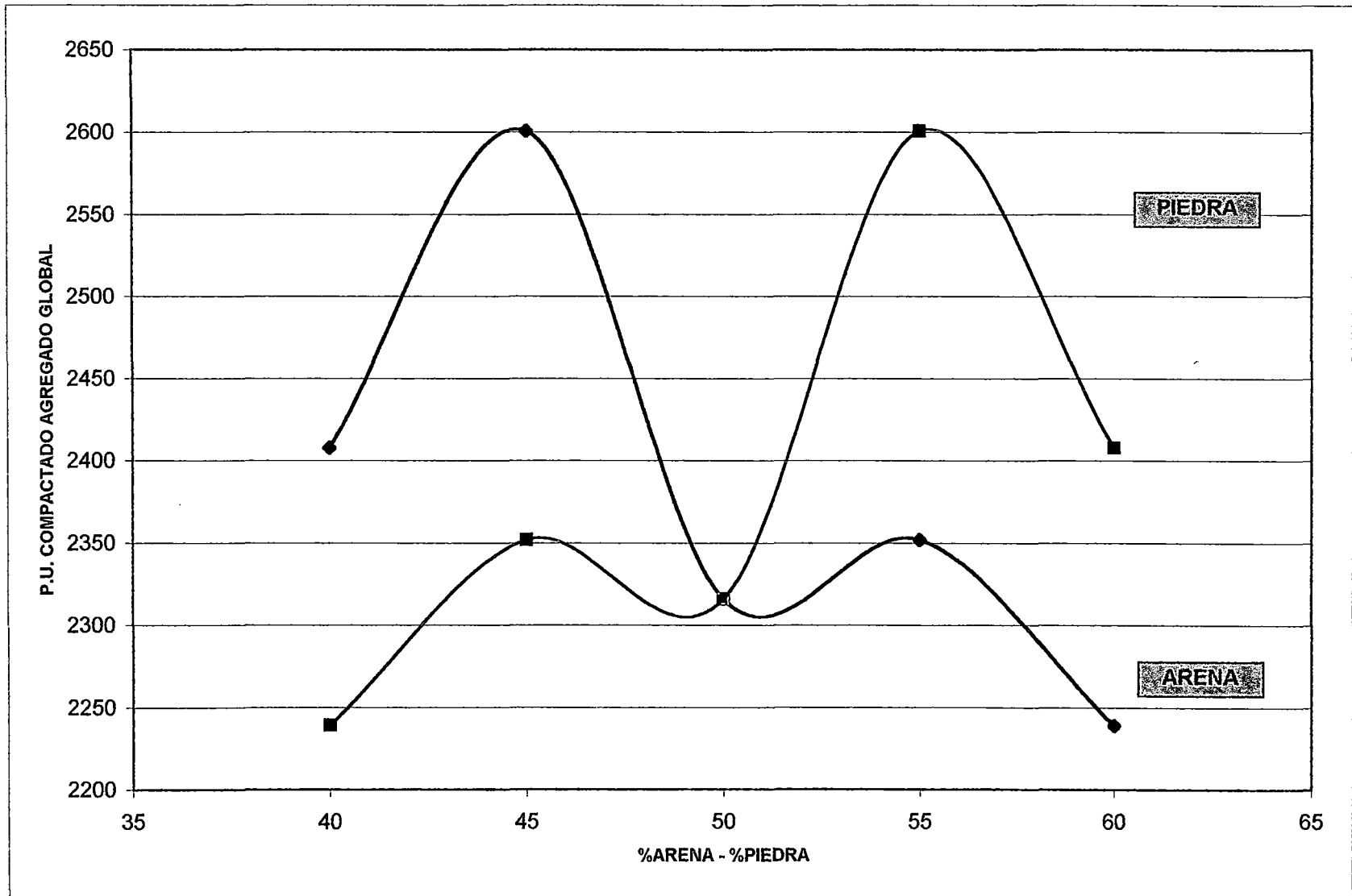


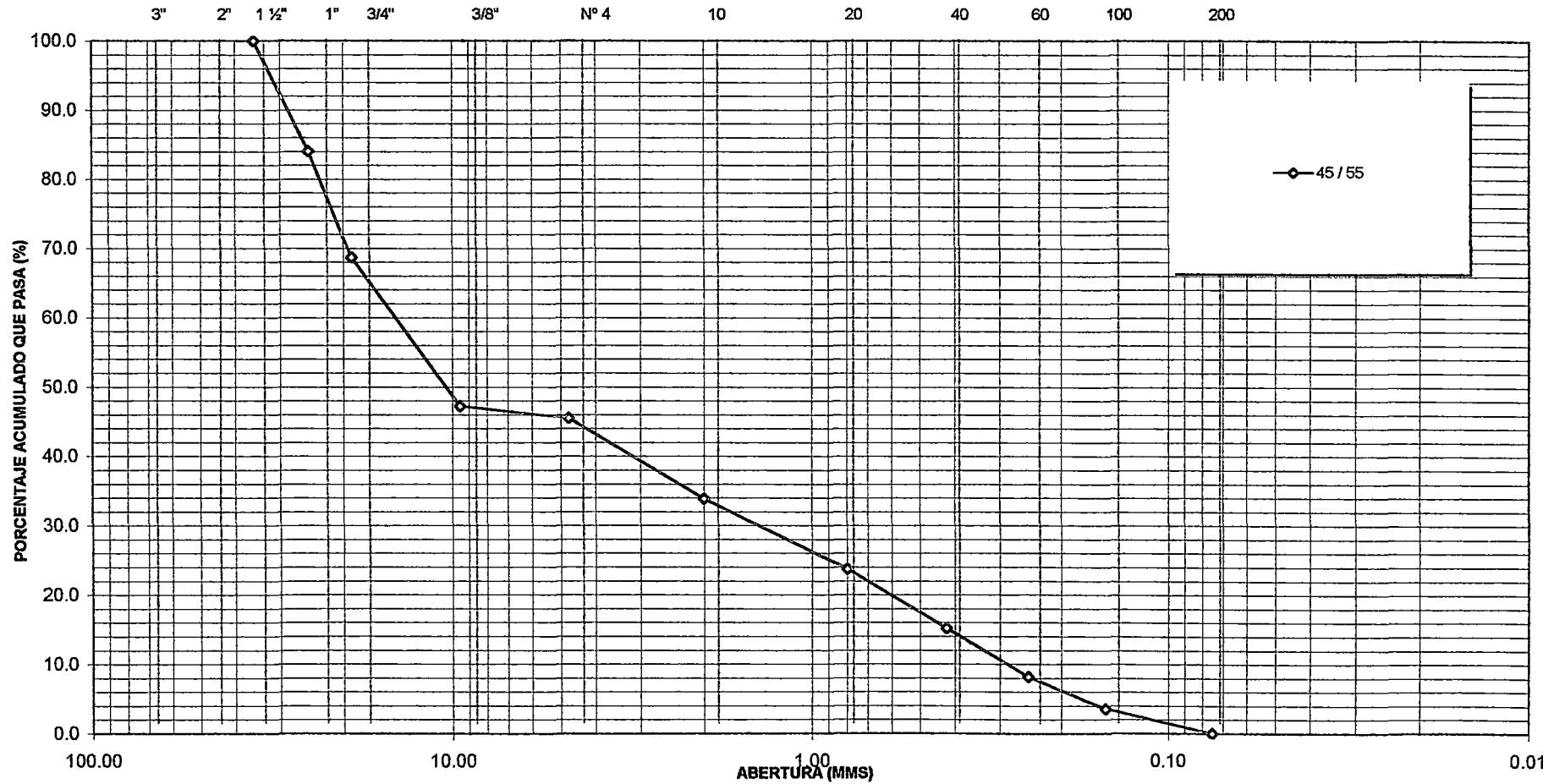
GRAFICO N° 2.2.0
(Ver Cuadros N° 2.5.3.2)

UBICACIÓN : CERRO DE PASCO Y GLORIA GRANDE

FECHA DE OBTENCION : OCTUBRE 2001

Clasif. M.I.T.	Grava	Arena Gruesa	Arena Media	Arena Fina	Limos y Arcillas
----------------	-------	--------------	-------------	------------	------------------

Clasif. SUCS	Grava	Arena	Limos y Arcillas
--------------	-------	-------	------------------



ANEXO: II

PRESENTACION DE CUADROS

- ENSAYO DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA AL ESTADO FRESCO
- ENSAYO DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA AL ESTADO ENDURECIDO

**ENSAYO DEL CONCRETO PESADO
CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
AL ESTADO FRESCO**

**ENSAYO DE CONSISTENCIA:
CONCRETO AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

CUADRO No. 4.0.2

DISEÑOS		MESA DE SACUDIDAS (MESA DE FLUJO)							INDICE DE CONSISTENCIA %	ASENTAMIENTO (PULG)
		DIAMETROS (cm)								
ARENA/ BARTINA A/B	AGUA/ CEMENTO A/C	01	02	03	04	05	06	PROMEDIO		
45/55	0.40	43.50	44.00	44.00	43.50	45.00	44.00	44.00	76.00	3 ¼"
	0.45	40.50	40.00	39.50	40.00	41.00	40.50	40.25	61.00	3 ¼"
	0.50	39.50	38.50	39.00	38.00	38.50	39.50	38.83	55.32	3 ¼"

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE CONSISTENCIA

CONCRETO NORMAL

CUADRO No. 4.0.2a

DISEÑOS		MESA DE SACUDIDAS (MESA DE FLUJO)							INDICE DE CONSISTENCIA %	ASENTAMIENTO (PULG)
		DIAMETROS (cm)								
ARENA/ PIEDRA A/P	AGUA/ CEMENTO A/C	01	02	03	04	05	06	PROMEDIO		
47/53	0.40	48.00	47.00	48.00	48.00	47.00	48.00	47.70	90.80	3 ³ / ₄ "
	0.45	45.50	46.00	47.50	45.50	46.00	46.50	46.17	84.68	3 ¹ / ₂ "
	0.50	44.00	45.00	43.50	44.00	45.00	44.50	44.30	77.20	3 ¹ / ₄ "

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE PESO UNITARIO:
CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

CUADRO No. 4.0.3

DISEÑOS		PESO DEL BALDE + MEZCLA (kg)	PESO DEL BALDE (kg)	PESO DE LA MEZCLA (kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m ³)
ARENA/BARITINA A/B	AGUA/CEMENTO A/C				
45/55	0.40	45.20	9.00	36.20	2556.50
	0.45	47.20	9.00	38.20	2697.74
	0.50	48.10	9.00	39.10	2761.30

* VOLUMEN DEL BALDE = $\frac{1}{2}$ PIE³ = 0.01416m³

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE PESO UNITARIO

CONCRETO NORMAL

CUADRO No. 4.0.3a

DISEÑOS		PESO DEL BALDE + MEZCLA	PESO DEL BALDE (kg)	PESO DE LA MEZCLA (kg)	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (Kg/m ³)
ARENA/PIEDRA A/P	AGUA/CEMENTO A/C				
47/53	0.40	42.25	9.00	33.25	2348.16
	0.45	42.65	9.00	33.65	2376.41
	0.50	42.70	9.00	33.70	2379.94

* VOLUMEN DEL BALDE = $\frac{1}{2}$ PIE³ = 0.01416m³

TESIS: ESTUDO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE
CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA

CUADRO No. 4.0.4

DISEÑOS		PESO DEL LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA (kg/m ³)	PESO UNITARIO NOMINAL (kg/m ³)	CONTENIDO DE AIRE (%)
ARENA/BARITINA A/B	AGUA/CEMENTO A/C			
45/55	0.40	2504.00	2556.50	2.05
	0.45	2552.00	2697.74	5.40
	0.50	2598.00	2761.30	5.91

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE
CONCRETO NORMAL**

CUADRO No. 4.0.4a

DISEÑOS		PESO DEL LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA (kg/m ³)	PESO UNITARIO NOMINAL (kg/m ³)	CONTENIDO DE AIRE (%)
ARENA/PIEDRA A/P	AGUA/CEMENTO A/C			
47/53	0.40	2297	2340	1.84
	0.45	2329	2377	2.02
	0.50	2353	2380	1.13

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPI I "SOL".

ENSAYO DE EXUDACION

CONCRETO PESADO, AGREGADO GRUESO DE BARITINA

RELACION : a/c = 0.40

HORA DE INICIO DEL ENSAYO : 8h 15'

CUADRO No. 4.0.6.1

VOLUMEN DEL RECIPIENTE		: 3822 cm ³					
PESO DEL RECIPIENTE		: 0.215 kg.					
AREA DEL RECIPIENTE		: 254 cm ²					
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		: 11.915 kg.					
PESO DE LA MUESTRA		: 11.70 kg. (S)					
PESO TOTAL DE LA TANDA		: 54 kg. (W)					
PESO DEL AGUA EN LA TANDA		: 5.803 kg. (w)					
HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA ml/cm ²	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm ² /min)	
8:15	0	0	0	0	0	0	
8:25	10	10	1.0	1.0	0.0039	0.00039	
8:35	10	20	1.27	2.27	0.0050	0.00050	
8:45	10	30	1.33	3.60	0.0052	0.00052	
8:55	10	40	0.83	4.43	0.0033	0.00033	
9:25	30	70	4.00	8.43	0.0157	0.00157	
9:55	30	100	3.50	11.93	0.0138	0.00138	
10:25	30	130	3.67	15.60	0.0144	0.00144	
10:55	30	160	2.00	17.60	0.0079	0.00079	
$D = 17.60$							
$C = \frac{w}{W} \times s = 1.26$				$PE = \frac{D}{C} \times \frac{100}{1000}$			
				$P.E (\%) = 1.40$			

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I.

ENSAYO DE EXUDACION

CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARTINA

RELACION : a/c = 0.45

HORA DE INICIO DEL ENSAYO : 9h 11'

CUADRO No. 4.0.6.2

VOLUMEN DEL RECIPIENTE : 3822 cm ³ PESO DEL RECIPIENTE : 0.215 kg. AREA DEL RECIPIENTE : 254 cm ² PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO: 12.365 kg. PESO DE LA MUESTRA : 12.150 kg. (S) PESO TOTAL DE LA TANDA : 54 kg. (W) PESO DEL AGUA EN LA TANDA : 5.223 kg. (w)						
HORA DEL ENSAYO H: min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA ml/cm ²	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm ² /min)
9:11	0	0	0	0	0	0
9:21	10	10	1.5	1.5	0.0059	0.00059
9:31	10	20	1.17	2.67	0.0046	0.00046
9:41	10	30	1.0	3.67	0.0039	0.00039
9:51	10	40	2.87	6.54	0.0113	0.00113
10:21	10	50	6.83	13.37	0.0270	0.00027
10:51	10	60	4.67	18.04	0.0184	0.00184
11:21	10	70	1.0	19.04	0.0039	0.00039
D = 19.04						
$C = \frac{w}{W} * S = 1.18 \qquad PE = \frac{D}{C} * \frac{100}{1000}$						
P.E (%) = 1.61						

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARTINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE EXUDACION

CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA

RELACION : a/c = 0.50

HORA DE INICIO DEL ENSAYO : 9h 34'

CUADRO No. 4.0.6.3

VOLUMEN DEL RECIPIENTE : 3822 cm ³ PESO DEL RECIPIENTE : 0.215 kg. AREA DEL RECIPIENTE : 254 cm ² PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO : 12.645 kg. PESO DE LA MUESTRA : 12.430 kg. (S) PESO TOTAL DE LA TANDA : 54 kg. (W) PESO DEL AGUA EN LA TANDA : 4.655 kg. (w)						
HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA ml/cm ²	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm ² /min)
9:34	0	0	0	0	0	0
9:44	10	10	0.70	0.70	0.0028	0.00028
9:54	10	20	1.37	2.07	0.0054	0.00054
10:06	10	30	2.03	4.10	0.0080	0.00080
10:16	10	40	2.77	6.87	0.0109	0.00109
10:46	30	70	2.67	9.54	0.0105	0.00105
11:16	30	100	4.67	14.21	0.0184	0.00184
11:46	30	130	2.00	16.21	0.0079	0.00079
D = 16.21						
C = $\frac{w}{W} \cdot S = 1.07$		PE = $\frac{D}{C} \cdot \frac{100}{1000}$				
P.E (%) = 1.51						

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTALND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE EXUDACION

CONCRETO NORMAL

RELACION : a/c = 0.40

HORA DE INICIO DEL ENSAYO : 12h 10'

CUADRO No. 4.0.6.1a

VOLUMEN DEL RECIPIENTE		: 4326 cm ³ = 0.04 pie ³				
PESO DEL RECIPIENTE		: 0.5 kg.				
AREA DEL RECIPIENTE		: 254 cm ²				
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		: 9.20 kg.				
PESO DE LA MUESTRA		: 8.70 kg. (S)				
PESO TOTAL DE LA TANDA		: 54 kg. (W)				
PESO DEL AGUA EN LA TANDA		: 6.41 kg. (w)				
HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA ml/cm ²	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm ² /min)
12:10'	0	0	0	0	0	0
12:20'	10	10	4.50	4.50	0.0177	0.0018
12:30'	10	20	4.50	9.00	0.0177	0.0018
12:40'	10	30	12.25	21.25	0.0482	0.0048
12:50'	10	40	10.75	32.00	0.0423	0.0042
13:20'	30	70	8.13	40.13	0.0320	0.0032
13:50'	30	100	4.50	44.63	0.0177	0.0018
14:20'	30	130	3.50	48.13	0.0138	0.0014
14:50'	30	160	2.00	50.13	0.0079	0.0008
15:20'	30	190	1.00	51.13	0.0039	0.0004
15:50'	30	220	1.00	52.13	0.0039	0.0004
16:20'	30	250	0.10	52.23	0.0004	0.0000
			D = 52.23			
$C = \frac{w}{W} * S = 1.03$			$PE = \frac{D}{C} * \frac{100}{1000}$			
P.E (%) = 5.07						

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE EXUDACION

CONCRETO NORMAL

RELACION : a/c = 0.45

HORA DE INICIO DEL ENSAYO : 10h 00'

CUADRO No. 4.0.6.2a

VOLUMEN DEL RECIPIENTE		: 4326 cm ³ = 0.04 pie ³				
PESO DEL RECIPIENTE		: 0.5 kg.				
AREA DEL RECIPIENTE		: 254 cm ²				
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		: 9.98 kg.				
PESO DE LA MUESTRA		: 9.48 kg. (S)				
PESO TOTAL DE LA TANDA		: 54 kg (W)				
PESO DEL AGUA EN LA TANDA		: 5.68 kg. (w)				
HORA DEL ENSAYO H:min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA ml/cm ²	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm ² /min)
10:00'	0	0	0	0	0	0
10:17'	10	10	2.5	2.5	0.0098	0.0001
10:27'	10	20	11.0	13.5	0.0433	0.0043
10:37'	10	30	6.8	20.3	0.0268	0.0027
10:47'	10	40	3.4	23.7	0.0134	0.0013
11:17'	30	70	1.8	25.5	0.0071	0.0007
11:47'	30	100	1.0	26.5	0.0039	0.0004
12:17'	30	130	1.0	27.5	0.0039	0.0004
12:47'	30	160	1.0	28.5	0.0039	0.0004
13:17'	30	190	1.0	29.5	0.0039	0.0004
13:47'	30	220	0.10	29.6	0.0004	0.0000
			D = 29.6			
C = $\frac{w}{W} * S = 1.00$		PE = $\frac{D}{C} * \frac{100}{1000}$				
PE (%) = 2.96						

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE EXUDACION

CONCRETO NORMAL

RELACION : a/c = 0.50

HORA DE INICIO DEL ENSAYO : 13h 40'

CUADRO No. 4.0.6.3a

VOLUMEN DEL RECIPIENTE		: 4326 cm ³ = 0.04 pie ³				
PESO DEL RECIPIENTE		: 0.5 kg.				
AREA DEL RECIPIENTE		: 254 cm ²				
PESO DEL RECIPIENTE + CONCRETO		: 9.35 kg.				
PESO DE LA MUESTRA		: 8.85 kg. (S)				
PESO TOTAL DE LA TANDA		: 54 kg (W)				
PESO DEL AGUA EN LA TANDA		: 5.17 kg. (w)				
HORA DEL ENSAYO H: min	TIEMPO PARCIAL (min)	TIEMPO ACUMULADO (min)	VOLUMEN PARCIAL (ml)	VOLUMEN ACUMULADO (ml)	AGUA EXUDADA (ml/cm ²)	VELOCIDAD DE EXUDACION (ml/cm ² /min)
13:40'	0	0	0	0	0	0
13:50'	10	10	5.05	5.05	0.0199	0.0020
14:00'	10	20	7.75	12.80	0.0305	0.0031
14:10'	10	30	8.75	21.55	0.0344	0.0034
14:20'	10	40	7.25	28.80	0.0285	0.0029
14:50'	30	70	8.25	37.05	0.0325	0.0033
15:20'	30	100	6.88	43.93	0.271	0.0027
15:50'	30	130	5.50	49.43	0.0217	0.0022
16:20'	30	160	3.50	52.93	0.0138	0.0014
16:50'	30	190	2.75	55.68	0.0108	0.0011
17:20'	30	220	2.25	57.93	0.0089	0.0009
17:50'	30	250	0.75	58.68	0.0030	0.0003
18:20'	30	280	0.20	58.88	0.0008	0.0001
18:50'	30	310	0.10	58.98	0.0004	0.0000
				D = 58.98		
C = $\frac{w}{W} \times S = 0.85$				PE = $\frac{D}{C} \times 100$		
				C 1000		
PE (%) = 6.94						

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON
AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PÓRTLAND TIPO I "SOL"

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO: CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
a/c = 0.40

RELACION : a/c = 0.40
 HORA DE INICIO : 9:30'

CUADRO N° 4.0.7.1

A/B = 45/55 a/c = 0.40	MOLDES			PROMEDIO h : Min lb	AGUJA USADA	AREA	AREA	CARGA	RESISTENCIA A LA PENETRACION	TIEMPO ACUMULADO
	1	2	3							
HORA DE INICIO	9h 30'	9h 35'	9h 40'	9h 35'	No.	(mm)	(pulg ²)	(lb)	(lb/pulg ²)	h:min
1ERA. LECTURA AGUJA 1	12 h .00' 85	12 h .05' 95	12 h .10' 110	12 h .5' 97 lb	1	645	1.00	97	97	2h 30'
2DA. LECTURA AGUJA 2	12 h 30' 90	12 h 35' 115	12 h 40' 115	12 h 35' 107 lb	2	323	0.50	107	214	3h 00'
3ERA. LECTURA AGUJA 3	13h 00' 85	13h 05' 90	13h 10' 110	13h 05' 95 lb	3	161	0.25	95	380	3h 30'
4TA. LECTURA AGUJA 4	13 h 30' 80	13 h 35' 80	13 h 40' 110	13 h 35' 90 lb	4	65	0.10	90	900	4h 00'
5TA. LECTURA AGUJA 5	14h 00' 125	14h 05' 135	14h 10' 130	14h 05' 130 lb	5	32	0.05	130	2600	4h 30'
6TA LECTURA AGUJA 6	14h 30' 130	14h 35' 135	14h 40' 140	14h 35' 135 lb	6	16	0.02	135	6750	5h 00'

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL: 3h:37'

TIEMPO DE FRAGUA FINAL: 4h:45'

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO: CONCRETO NORMAL

$a/c = 0.40$

RELACION : $a/c = 0.40$
 HORA DE INICIO : 9:30'

CUADRO N° 4.0.7.1a

A/B = 47/53 a/c = 0.40	MOLDES			PROMEDIO h : Min lb	AGUJA USADA	AREA (mm)	AREA (pulg ²)	CARGA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pulg ²)	TIEMPO ACUMULADO h:min
	1	2	3							
HORA DE INICIO	9h 30'	9h 40'	9h 50'	9h 40'	No.	(mm)	(pulg ²)	(lb)	(lb/pulg ²)	h:min
1ERA. LECTURA AGUJA 1	11 h .30' 95	11 h .40' 85	11 h 50' 90	11 h 40' 90 lb	1	645	1.00	90	90	02:00
2DA. LECTURA AGUJA 2	12 h 30' 110	12 h 40' 130	12 h 50' 135	12 h 40' 125 lb	2	323	0.50	125	250	03:00
3ERA. LECTURA AGUJA 3	13h 30' 190	13h 40' 200	13h 50' 195	13h 40' 195 lb	3	161	0.25	195	780	04:00
4TA. LECTURA AGUJA 4	14 h 30' 140	14 h 40' 145	14 h 50' 135	14 h 40' 140 lb	4	65	0.10	140	1400	05:00
5TA. LECTURA AGUJA 5	15h 30' 100	15h 40' 120	15h 50' 110	15h 40' 110 lb	5	32	0.05	110	2200	06:00
6TA LECTURA AGUJA 6	16h 30' 140	16h 40' 160	16h 50' 150	16h 40' 150 lb	6	16	0.02	150	7500	07:00

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL: 3h:37'

TIEMPO DE FRAGUA FINAL: 6h:24'

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO: CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
a/c = 0.45

RELACION : a/c = 0.45
 HORA DE INICIO : 9:45'

CUADRO N° 4.0.7.2

A/B = 45/55 a/c = 0.40	MOLDES			PROMEDIO h : Min lb	AGUJA USADA	AREA (mm ²)	AREA (pulg ²)	CARGA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pulg ²)	TIEMPO ACUMULADO h:min
	1	2	3							
HORA DE INICIO	9h 45'	9h 50'	9h 55'	9h 50'	No	(mm ²)	(pulg ²)	(lb)	(lb/pulg ²)	h:min
1ERA. LECTURA AGUJA 1	12 h .15' 85	12h .20' 100	12 h .25' 100	12 h .20' 95 lb	1	645	1.00	95	95	2h 30'
2DA. LECTURA AGUJA 2	12 h 45' 110	12 h 50' 80	12 h 55' 110	12 h 50' 100 lb	2	323	0.50	100	200	3h 00'
3ERA. LECTURA AGUJA 3	13h 15' 110	13h 20' 120	13h 25' 120	13h 20' 117 lb	3	161	0.25	117	468	3h 30'
4TA. LECTURA AGUJA 4	13 h 45' 90	13 h 50' 100	13 h 55' 100	13 h 50' 97 lb	4	65	0.10	97	970	4h 00'
5TA. LECTURA AGUJA 5	14h 15' 130	14h 20' 140	14h 25' 160	14h 20' 143 lb	5	32	0.05	143	2860	4h 30'
6TA LECTURA AGUJA 6	14h 45' 145	14h 50' 140	14h 55' 145	14h 50' 143 lb	6	16	0.02	143	7150	5h 00'

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL: 3h:30'

TIEMPO DE FRAGUA FINAL: 4h:41'

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO: CONCRETO NORMAL
a/c = 0.45

RELACION : a/c = 0.45
 HORA DE INICIO : 12 h 20'

CUADRO N° 4.0.7.2a

A/B = 47/53 a/c = 0.45	MOLDES			PROMEDIO h: Min lb	AGUJA USADA	AREA (mm ²)	AREA (pulg ²)	CARGA (lb)	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pulg ²)	TIEMPO ACUMULADO h:min
	1	2	3							
HORA DE INICIO	12 h : 20'	12 h : 25'	12 h : 30'	12 h : 25'	No.	(mm ²)	(pulg ²)	(lb)	(lb/pulg ²)	h:min
1ERA. LECTURA AGUJA 1	14 h : 20' 30	14 h : 25' 25	14 h : 30' 35	14 h : 25' 30 lb	1	645	1.00	30	30	02:00
2DA. LECTURA AGUJA 2	15 h : 20' 100	15 h : 25' 115	15 h : 30' 125	15 h : 25' 113 lb	2	323	0.50	113	226	03:00
3ERA. LECTURA AGUJA 3	16 h : 20' 150	16 h : 25' 135	16 h : 30' 160	16 h : 25' 148 lb	3	161	0.25	148	592	04:00
4TA. LECTURA AGUJA 4	17 h : 20' 100	17 h : 25' 120	17 h : 30' 110	17 h : 25' 110 lb	4	65	0.10	110	1100	05:00
5TA. LECTURA AGUJA 5	18 h : 20' 100	18 h : 25' 105	18 h : 30' 110	18 h : 25' 105 lb	5	32	0.05	105	2100	06:00
6TA LECTURA AGUJA 6	19 h : 20' 105	19 h : 25' 135	19 h : 30' 125	19 h : 25' 122 lb	6	16	0.02	122	6100	07:00

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL: 3h:45'

TIEMPO DE FRAGUA FINAL: 6h:39'

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO: CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
a/c = 0.50

RELACION : a/c = 0.50
 HORA DE INICIO : 9:45'

CUADRO N° 4.0.7.3

A/B = 45/55 a/c = 0.50	MOLDES			PROMEDIO h: MIN lb	AGUJA USADA	AREA (mm ²)	AREA (pulg ²)	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pulg ²)	TIEMPO ACUMULADO h = MIN
	1	2	3							
HORA DE INICIO	10 h 00'	10 h 05'	10 h 10'	10 h 05'	N°	(mm ²)	(pulg ²)	lb	(lb/pulg ²)	h = MIN
1ERA LECTURA AGUJA N° 1	12h30' 70	12h35' 70	12h35' 65	12h35' 68	1	645	1.00	68	68	02:30
2DA LECTURA AGUJA N° 2	13h00' 80	13h05' 90	13h10' 80	13h05' 83	2	323	0.50	83	166	03:00
3ERA LECTURA AGUJA N° 3	13h30' 80	13h35' 90	13h40' 90	87	3	161	0.25	87	348	03:30
4TA LECTURA AGUJA N° 4	14h30' 90	14h05' 95	14h10' 80	14h05' 88	4	65	0.10	88	880	04:00
5TA LECTURA AGUJA N° 5	14h30' 90	14h35' 95	14h40' 95	14h35' 93	5	32	0.05	93	1860	04:30
6TA LECTURA AGUJA N° 6	15h00' 90	15h05' 120	15h10' 120	15h05' 110	6	16	0.02	110	5500	05:00

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL: 3h:41'

TIEMPO DE FRAGUA FINAL: 4h:53'

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO: CONCRETO NORMAL

$a/c = 0.50$

RELACION : $a/c = 0.50$
 HORA DE INICIO : 10:45'

CUADRO N° 4.0.7.3a

A/P = 47/53	MOLDES			PROMEDIO h : MIN lb	AGUJA USADA	ÁREA (mm ²)	ÁREA (pulg ²)	CARGA lb	RESISTENCIA A LA PENETRACION (lb/pulg ²)	TIEMPO ACUMULADO h = MIN
	1	2	3							
a/c = 0.50										
HORA DE INICIO	10 h 45'	10 h 50'	10 h 55'	10 h 50'	N°	(mm ²)	(pulg ²)	lb	(lb/pulg ²)	h = MIN
1ERA LECTURA AGUJA N° 1	13h15' 50 lb	13h20' 85 lb	13h25' 85 lb	13h:20' 73 lb	1	645	1.00	73	73	02:00
2DA LECTURA AGUJA N° 2	14h15' 45 lb	14h20' 95 lb	14h25' 110 lb	14h:20' 100 lb	2	323	0.50	100	200	03:00
3ERA LECTURA AGUJA N° 3	15h15' 130 lb	15h20' 145 lb	15h25' 140 lb	15h:20' 140 lb	3	161	0.25	140	560	04:00
4TA LECTURA AGUJA N° 4	16h15' 120 lb	16h20' 125 lb	16h25' 130 lb	16h:20' 125 lb	4	65	0.10	125	1250	05:00
5TA LECTURA AGUJA N° 5	17h15' 100 lb	17h20' 135 lb	17h25' 125 lb	17h:20' 120 lb	5	32	0.05	120	2400	06:00
6TA LECTURA AGUJA N° 6	18h15' 170 lb	18h20' 180 lb	18h25' 160 lb	18h:20' 170 lb	6	16	0.02	170	8500	07:00

TIEMPO DE FRAGUA INICIAL: 3h:54'

TIEMPO DE FRAGUA FINAL: 6h:15'

GRAFICO N° 10.6

(Ver cuadro 4.0.7.1)

Ensayo de Tiempo de Fraguado: Concreto Pesado Agregado Grueso de Baritina

Relación : a/c = 0.40

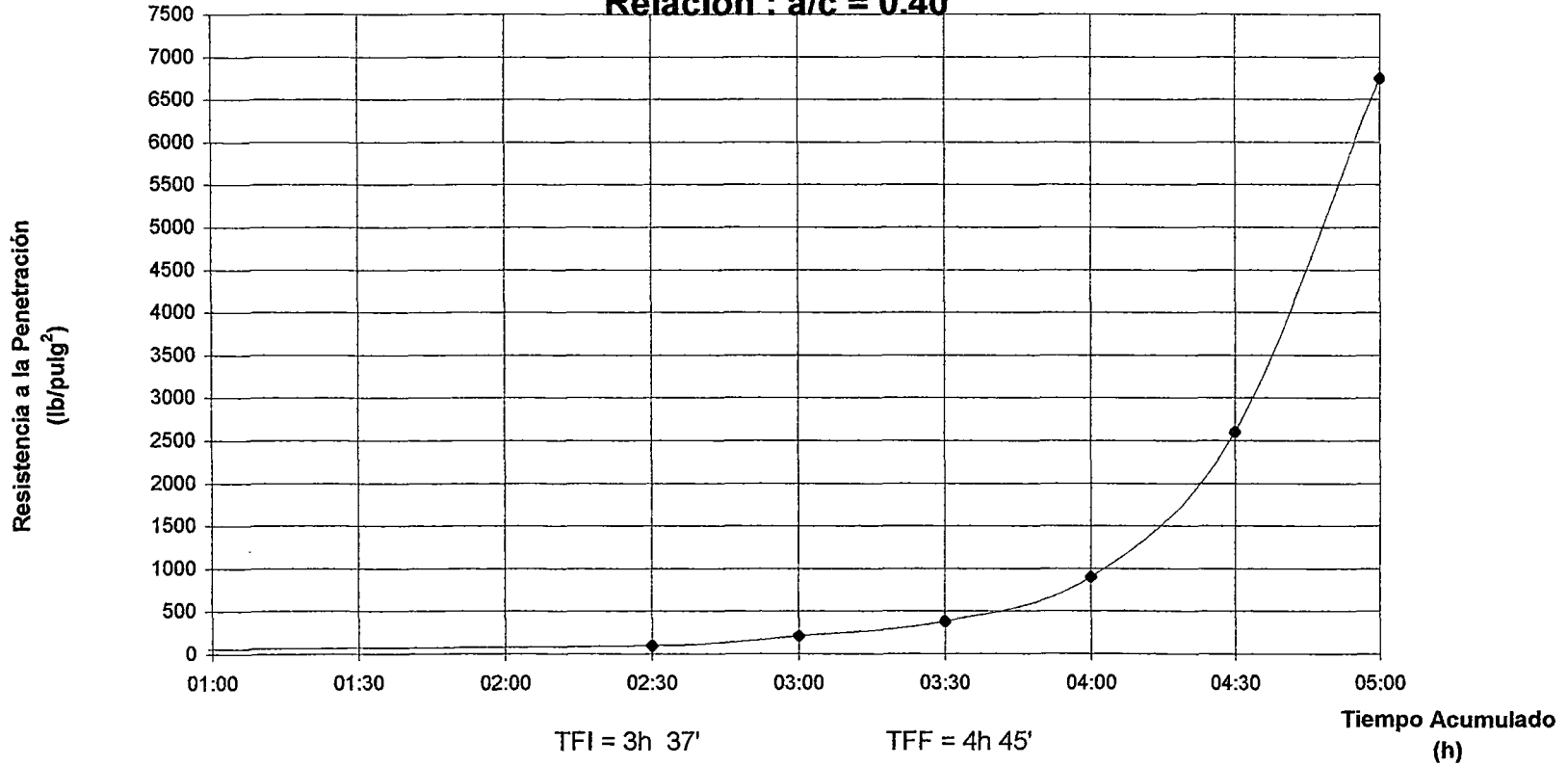


GRAFICO N° 10.7
(Ver cuadros N° 4.0.7.1 Y 4.0.7.1a)
Tiempo de Fraguado:
Concreto Normal vs. Concreto A.G. de Baritina
Relación : a/c = 0.40

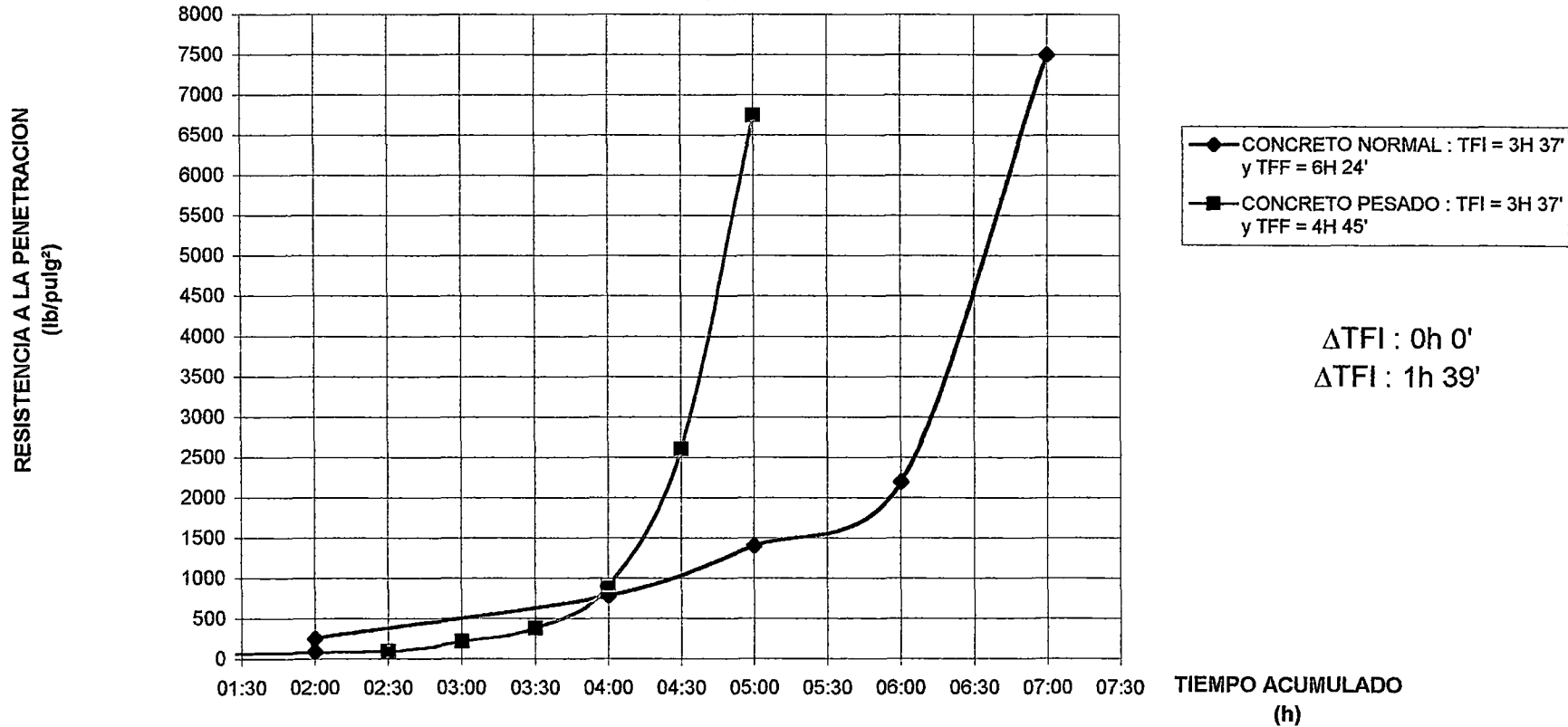


GRAFICO N° 10.8

(Ver cuadro N° 4.0.7.2)

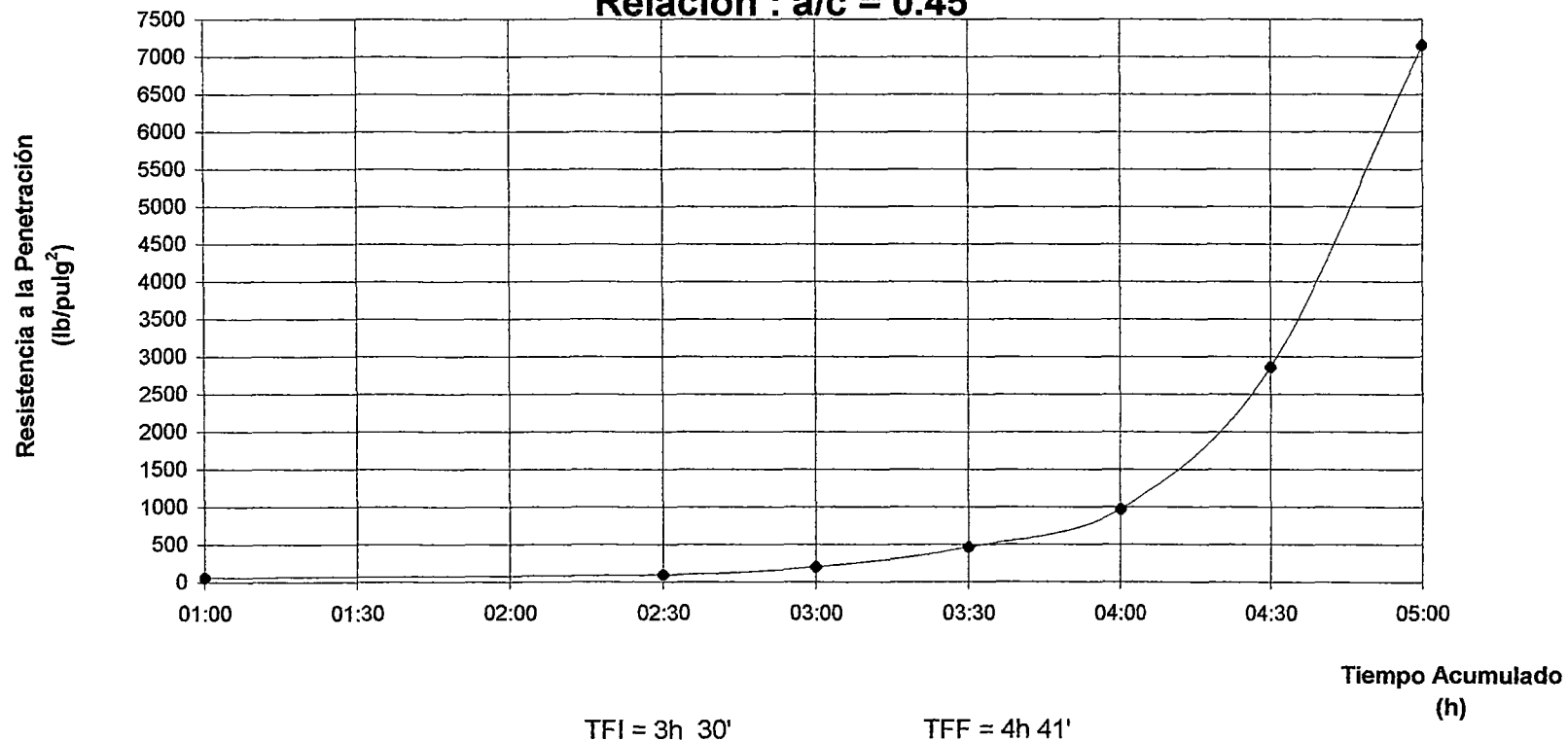
Ensayo de Tiempo de Fraguado: Concreto Pesado Agregado Grueso de**Baritina****Relación : a/c = 0.45**

GRAFICO N° 10.9
 (Ver cuadros N° 4.0.7.2 Y 4.0.7.2a)
Tiempo de Fraguado:
Concreto Normal vs. Concreto A.G. de Baritina
Relación : a/c = 0.45

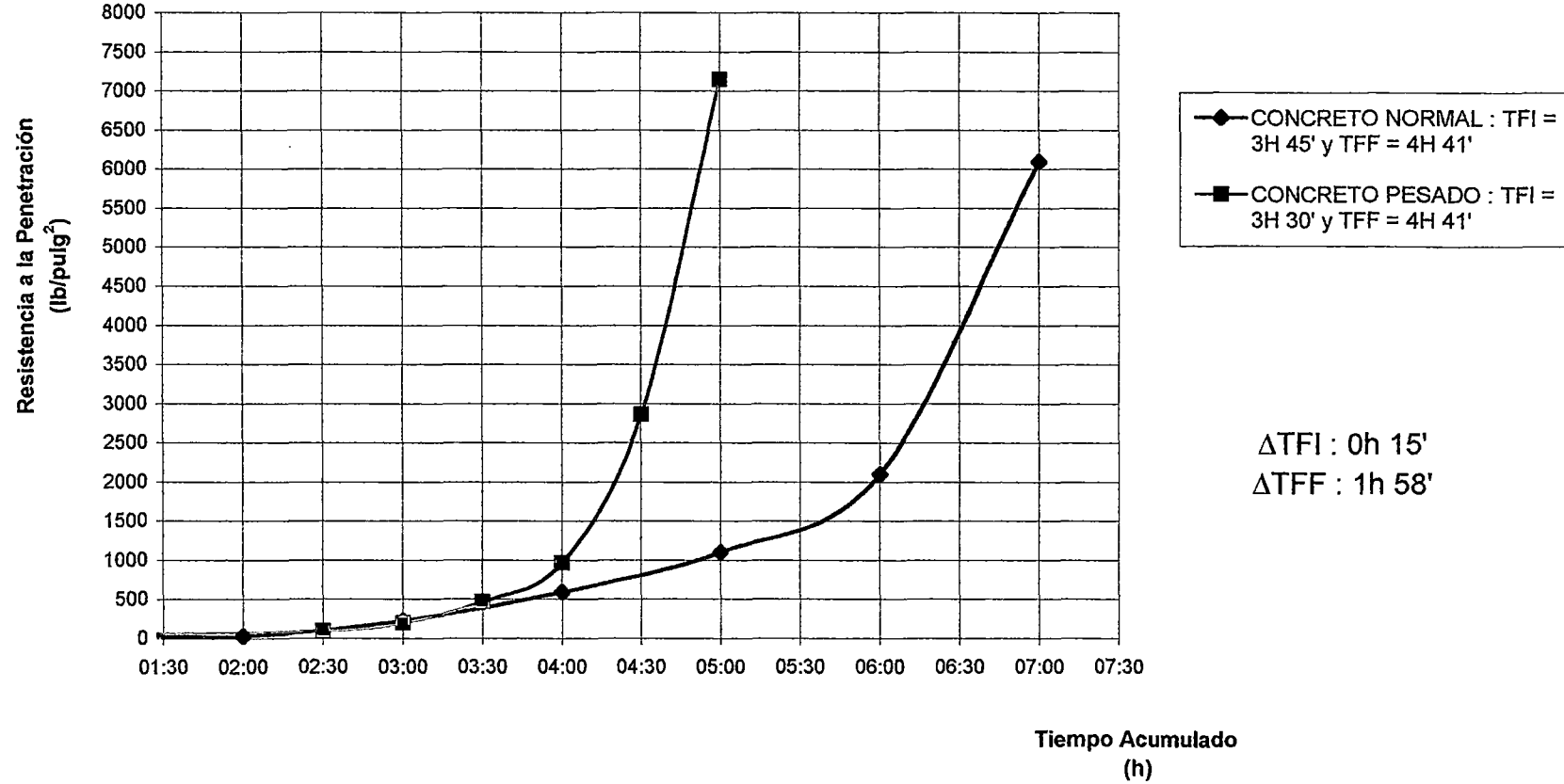


GRAFICO N° 10.10
(Ver cuadro N° 4.0.7.3)

Ensayo de Tiempo de Fraguado: Concreto Pesado con Agregado Grueso Baritina
Relación: a/c = 0.50

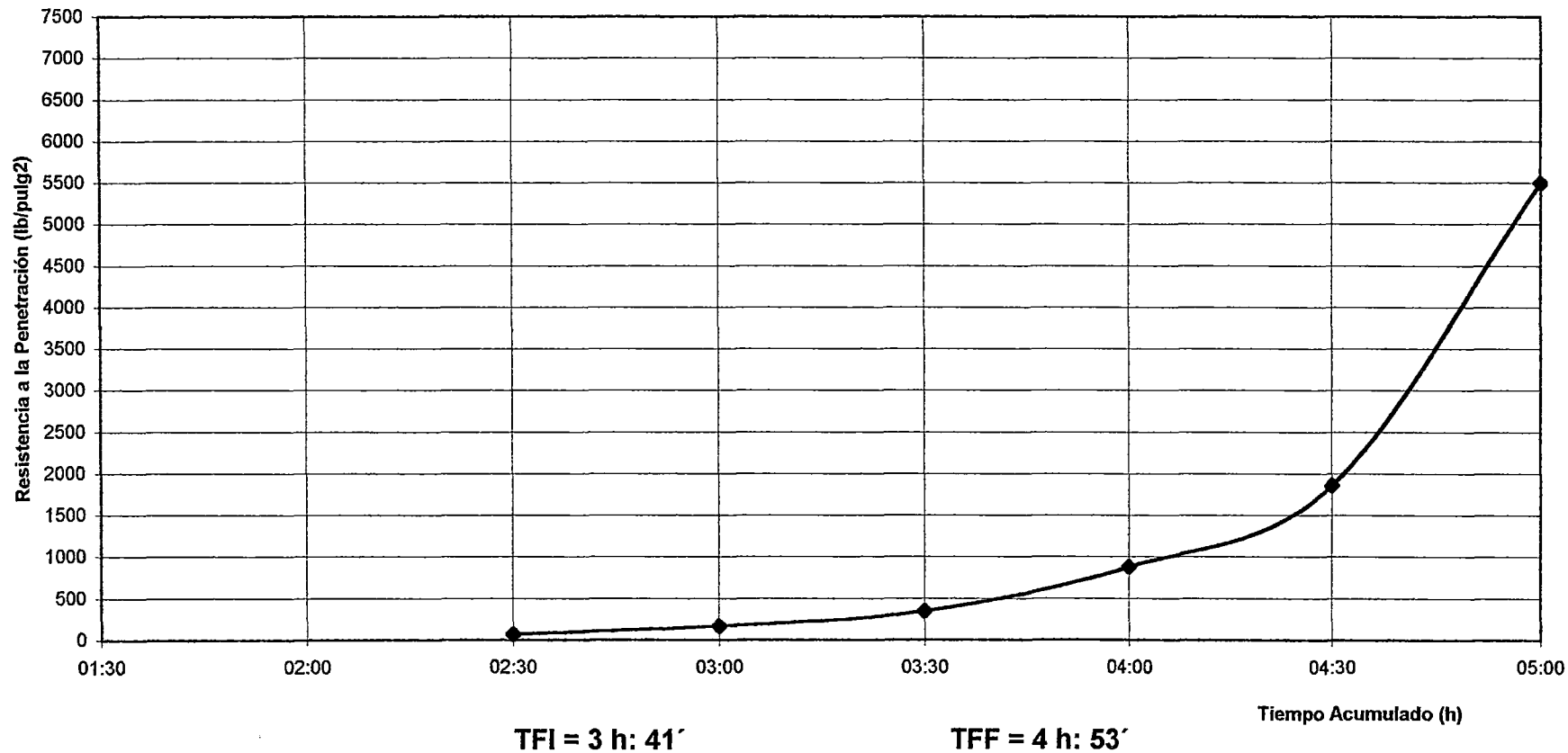
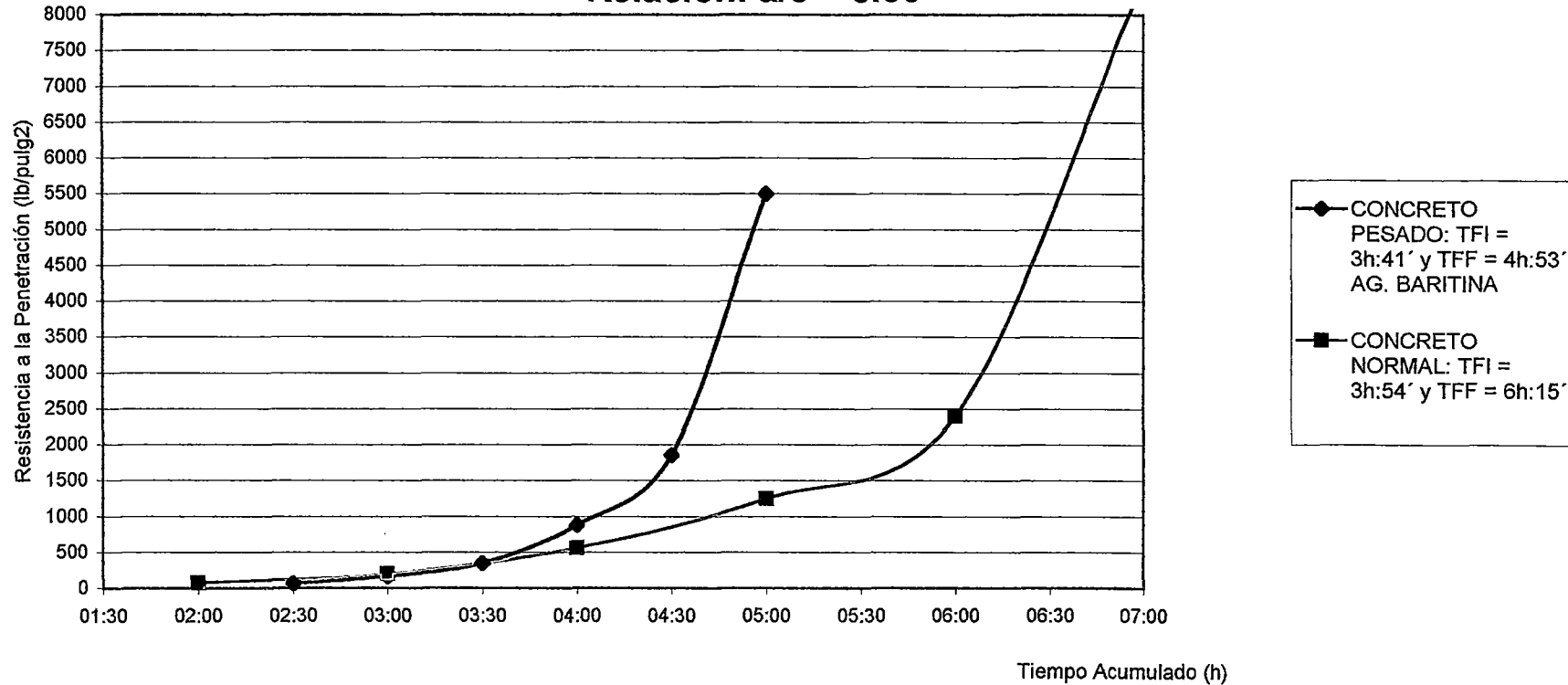


GRAFICO N° 10.11
 (Ver cuadros N° 4.0.7.3 Y 4.0.7.3a)
Ensayo de Tiempo de Fraguado:
Concreto Normal (Vs.) Concreto A. G. de Baritina
Relación: a/c = 0.50



$\Delta TFI = 0 \text{ h: } 13'$
 $\Delta TFF = 1 \text{ h: } 22'$

**ENSAYOS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO
GRUESO DE BARITINA AL ESTADO ENDURECIDO**

- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.
- RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL.
- MODULO ELÁSTICO ESTÁTICO.
- ANÁLISIS DE COSTOS

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

ENSAYO DE COMPRESION
CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
AGREGADOS: A/B = 45/55
a/c: 0.40

CUADRO No. 5.1.1

EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	F'c (kg/cm ²)	F'c PROMEDIO (kg/cm ²)
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.8	30.2	60500	172	352	358
	14.8	30.1	59500	172	346	
	14.8	30.2	64700	172	376	
14	14.8	30.2	68700	172	399	400
	14.8	30.2	71000	172	413	
	14.8	30.1	66800	172	388	
28	14.8	30.2	72000	172	419	433
	14.8	30.2	75600	172	440	
	14.8	30.1	75500	172	439	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE COMPRESION
 CONCRETO NORMAL
 AGREGADO A/P= 47/53
 a/c: 0.40

CUADRO No. 5.1.2

EDAD (dias)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	F'c (kg/cm ²)	F'c PROMEDIO (kg/cm ²)
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.8	30.3	59300	172	345	348
	15.0	30.4	62600	177	354	
	15.2	30.3	62600	181	346	
14	14.7	30.2	67900	170	399	400
	14.8	30.2	68900	172	401	
	14.8	30.1	68800	172	400	
28	14.8	30.2	71300	172	415	421
	14.8	30.4	72400	172	421	
	14.8	30.1	73400	172	427	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE COMPRESION
CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
AGREGADO: A/B = 45/55
A/C:0.45

CUADRO No. 5.1.3

EDAD (dias)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	F'c (kg/cm ²)	F'c PROMEDIO (kg/cm ²)
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.9	30.2	57300	174	329	332
	14.9	30.4	60200	174	346	
	14.8	30.5	55300	172	321	
14	14.8	30.2	67400	172	392	385
	14.8	30.2	66400	172	386	
	14.8	30.4	64800	172	377	
28	14.8	30.3	71000	172	413	412
	14.8	30.2	72700	172	423	
	14.8	30.1	68600	172	399	

TESIS: ESTUDO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE COMPRESION
CONCRETO NORMAL
AGREGADO: A/P = 47/53
A/C:0.45**

CUADRO No. 5.1.4

EDAD (días)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	F'c (kg/cm ²)	F'c PROMEDIO (kg/cm ²)
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.8	30.1	58000	172	337	335
	14.8	30.2	56900	172	331	
	14.8	30.2	57900	172	337	
14	14.8	30.3	66100	172	384	390
	14.9	30.2	67500	174	388	
	14.8	30.1	68500	172	398	
28	14.8	30.3	72100	172	419	413
	14.8	30.4	70600	172	410	
	14.9	30.1	71300	174	410	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE COMPRESION
CONCRETO AGREGADO, GRUESO DE BARITINA
AGREGADO : A/B = 45/55
A/C:0.50

CUADRO No. 5.1.5

EDAD (dias)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	F'c (kg/cm ²)	F'c PROMEDIO (kg/cm ²)
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	14.8	30.2	55500	172	324	320
	14.8	30.1	55100	172	320	
	14.8	30.4	54300	172	316	
14	14.8	30.3	61300	172	356	360
	14.8	30.2	59800	172	348	
	14.8	30.1	64600	172	376	
28	14.8	30.2	64800	172	377	380
	14.8	30.2	66700	172	388	
	14.8	30.1	64300	172	374	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO
 DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE COMPRESION
 CONCRETO NORMAL
 AGREGADO: A/P= 47/53
 A/c:0.50

CUADRO No 5.1.6

EDAD (dias)	DIMENSIONES (cm)		CARGA MAXIMA (kg)	SECCION NORMAL A LA CARGA (cm ²)	F'c (kg/cm ²)	F'c PROMEDIO (kg/cm ²)
	DIAMETRO	LONGITUD				
7	15.0	30.2	55500	177	314	321
	14.8	30.1	55000	172	320	
	14.8	30.0	56400	172	328	
14	14.8	30.4	63800	172	371	370
	14.9	30.3	62600	174	360	
	14.8	30.1	65000	172	378	
28	15.0	30.1	67000	177	379	390
	14.8	30.4	68000	172	395	
	15.0	30.2	70300	177	397	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

**ENSAYO DE TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
DIAMETRAL**

**ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL A LOS
28 DIAS CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA.**

CUADRO No. 5.2.1

A/C	ALTURA DE PRABETA	DIAMETRO (cm)	CARGA DE FALLA (kg)	ESFUERZO A LA TRACCION (kg/cm ²)	PROMEDIO DE ESFUERZO A LA TRACCION (kg/cm ²)
0.40	30.5	14.9	17500	25	23
	30.4	15.0	15000	21.0	
	30.2	14.8	15700	22.0	
0.45	30.4	14.9	19400	27	25
	30.2	14.9	17500	25	
	30.5	15.2	17500	24	
0.50	30.4	14.9	18700	26	25
	30.2	15.0	17000	24	
	30.5	14.9	17800	25	

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL

CONCRETO NORMAL

EDAD : 28 DIAS

CUADRO No. 5.2.3

A/C	ALTURA DE PRABETA (cm)	DIAMETRO (cm)	CARGA DE FALLA (kg)	ESFUERZO A LA TRACCION (kg/cm²)
0.40	30.2	14.9	23200	33
0.45	30.1	14.8	20300	29
0.50	30.2	14.8	18800	27

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYOS DE MODULO ELASTICO

**ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO
CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA**

EDAD : 28 DIAS

CUADRO No. 5.3.7

A/c	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO (KG/CM ²)			
	PARCIALES	F' c (kg/cm ²)	PROMEDIO M.E.E. (kg/cm ²)	F' c (kg/cm ²)
0.40	135764 140478	419 406	138,121	413
0.45	149540 123871	413 378	136,706	396
0.50	128200 131654	369 360.47	129,927	365

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MODULO DE ELASTICIDAD ESTATIC
CONCRETO NORMAL
EDAD : 28 DIAS

CUADRO No. 5.3.8

A/c	MODULO DE ELASTICIDAD ESTATICO Kg/cm ²	
	M.E.E.	F' c Kg/cm ²
0.40	214,029	424.42
0.45	155,882	313.95
0.50	144,728	424.42

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PESADO
 CON AGEADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO
 PORTLAND TIPO I "SOL".

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO: CONCRETO A. G. DE BARITINA

DISEÑO: A/B = 45/55

a/c : 0.40

EDAD: 28 días

CUADRO N° 5.3.1

CARGA (Kg.)	ESFUERZO (Kg. cm)	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 ⁻⁴
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.000	11.60	0.90	0.10	0.50	0.50
4.000	23.20	1.70	0.70	1.20	1.20
6.000	35.00	2.60	1.30	1.95	1.95
8.000	46.50	3.40	1.90	2.65	2.65
10.000	58.00	4.20	2.50	3.35	3.35
12.000	69.80	5.10	3.10	4.10	4.10
14.000	81.40	5.90	3.70	4.80	4.80
16.000	93.00	6.90	5.10	6.00	6.00
18.000	104.70	8.00	5.50	6.75	6.75
20.000	116.30	9.10	6.30	7.70	7.70
22.000	127.90	10.20	7.20	8.70	8.70
24.000	139.50	11.10	8.10	9.60	9.60
26.000	151.20	12.10	9.10	10.60	10.60
28.000	162.80	13.20	9.90	11.55	11.55
30.000	174.40	14.40	10.80	12.60	12.60
32.000	186.00	15.40	12.00	13.70	13.70
34.000	197.70	18.40	14.00	16.20	16.20
36.000	209.30	19.40	14.50	16.95	16.95
38.000	220.90	20.10	15.10	17.60	17.60
40.000	232.60	21.20	15.80	18.50	18.50
42.000	244.20	22.90	17.20	20.05	20.05
44.000	255.80	25.00	18.50	21.75	21.75
46.000	267.40	26.30	19.40	22.85	22.85
48.000	279.00	27.50	20.10	23.80	23.80
50.000	290.70	29.10	20.80	24.95	24.95
52.000	302.30	30.00	22.10	26.05	26.05
54.000	314.00	30.00	22.80	26.40	26.40
56.000	325.60	30.00	23.50	26.75	26.75
58.000	337.20	30.00	24.40	27.20	27.20
60.000	348.80	30.00	25.50	27.75	27.75
62.000	360.50	30.00	26.30	28.15	28.15
64.000	372.00	30.00	27.20	28.60	28.60
66.000	383.70	30.00	28.40	29.20	29.20

DIAMETRO: 14.80 cm

ÁREA: 172.0 cm²

CARGA MAX.: 72.000 Kg.

f'c: 419 Kg/cm²

S1 (Kg/cm²): 11.6 Kg/cm²

S2 = 0.4 f'c: 168 Kg/cm²

MEE = 135,764 Kg/cm²

e₁: 0.5 x 10⁻⁴

e₂: 12.02 x 10⁻⁴

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO: CONCRETO NORMAL

DISEÑO: A/P = 47/53

a/c : 0.40

EDAD: 28 días

CUADRO N° 5.3.2

CARGA (Kg.)	ESFUERZO (Kg. cm)	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 ⁻⁴
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.000	11.63	0.30	0.40	0.35	0.35
4.000	23.16	0.50	0.50	0.50	0.50
6.000	34.88	1.20	0.70	0.95	0.95
8.000	46.51	2.00	1.10	1.95	1.95
10.000	58.14	2.60	1.40	2.00	2.00
12.000	69.77	3.40	1.80	2.60	2.60
14.000	81.40	4.00	2.10	3.05	3.05
16.000	93.02	4.90	2.60	3.75	3.75
18.000	104.65	5.50	3.40	4.45	4.45
20.000	116.28	6.00	3.50	4.75	4.75
22.000	127.91	6.50	3.80	5.15	5.15
24.000	139.53	7.50	4.10	5.80	5.80
26.000	151.16	8.00	4.50	6.25	6.25
28.000	162.79	8.50	5.50	6.75	6.75
30.000	174.42	9.50	6.00	7.75	7.75
32.000	186.05	9.70	6.50	8.10	8.10
34.000	197.67	10.30	6.80	8.55	8.55
36.000	209.30	11.00	7.50	9.25	9.25
38.000	220.93	11.40	8.20	9.80	9.80
40.000	232.56	12.70	8.60	10.65	10.65
42.000	244.19	13.00	8.80	10.90	10.90
44.000	255.81	13.50	9.00	11.25	11.25
46.000	267.44	14.20	9.50	11.85	11.85
48.000	274.07	15.20	10.20	12.85	12.85
50.000	290.70	15.90	11.00	13.45	13.45
52.000	302.93	16.50	11.50	14.00	14.00
54.000	313.45	17.40	12.00	14.70	14.70
56.000	325.58	18.20	12.50	15.35	15.35
58.000	337.21	17.20	13.30	16.30	16.30
60.000	348.84	19.90	13.80	16.88	16.85
62.000	360.47	20.60	14.70	17.50	17.50
64.000	372.09	21.50	15.00	18.25	18.25
66.000	383.72	22.50	15.50	19.00	19.00
68.000	395.35	23.60	16.50	20.05	20.05
70.000	406.98	24.90	17.00	20.95	20.95
72.000	418.60	25.50	17.50	21.50	21.50

DIAMETRO: 14.80 cm

ÁREA: 172.0 cm²

CARGA MAX.: 73.000 Kg.

f'c: 424.42 Kg/cm²

S1 (Kg/cm²): 23.16 Kg/cm²

S2 = 0.4 f'c: 169.8 Kg/cm²

MEE = 214,029 Kg/cm²

e₁: 0.5 x 10⁻⁴

e₂: 7.35 x 10⁻⁴

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO: CONCRETO A. G. DE BARITINA

DISEÑO: A/B = 45/55

a/c : 0.45

EDAD: 28 días

CUADRO N° 5.3.3

CARGA (Kg.)	ESFUERZO (Kg. cm)	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 ⁻⁴
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.000	11.60	0.90	0.50	0.70	0.70
4.000	23.20	0.90	1.51	0.70	0.70
6.000	35.00	1.40	1.80	1.60	1.60
8.000	46.50	2.00	2.30	2.15	2.15
10.000	58.00	2.40	2.80	2.60	2.60
12.000	69.80	3.00	3.30	3.15	3.15
14.000	81.40	3.40	3.80	3.60	3.60
16.000	93.00	4.00	4.50	4.25	4.25
18.000	104.70	4.50	5.00	4.75	4.75
20.000	116.30	5.00	5.60	5.30	5.30
22.000	127.90	5.50	6.20	5.85	5.85
24.000	139.50	6.00	7.20	6.60	6.60
26.000	151.20	6.40	7.80	7.10	7.10
28.000	162.80	7.00	8.50	7.75	7.75
30.000	174.40	7.40	9.20	8.30	8.30
32.000	186.00	8.00	10.00	9.00	9.00
34.000	197.70	8.40	10.50	9.45	9.45
36.000	209.30	9.00	11.60	10.30	10.30
38.000	220.90	9.50	12.10	10.80	10.80
40.000	232.60	10.00	12.80	11.40	11.40
42.000	244.20	10.50	13.50	12.00	12.00
44.000	255.80	11.00	14.40	12.70	12.70
46.000	267.40	11.50	15.30	13.40	13.40
48.000	279.00	12.10	16.00	14.05	14.05
50.000	290.70	12.60	17.00	14.80	14.80
52.000	302.30	13.30	18.00	15.65	15.65
54.000	314.00	13.90	19.00	16.45	16.45
56.000	325.60	14.60	20.00	17.30	17.30
58.000	337.20	15.50	20.40	18.20	18.20
60.000	348.80	16.40	22.10	19.25	19.25
62.000	360.50	17.10	23.40	20.25	20.25
64.000	372.09	18.00	24.70	21.35	21.35
66.000	383.72	18.50	25.60	22.05	22.05
68.000	395.35	20.10	27.00	23.55	23.55
70.000	407.00	21.00	28.50	24.75	24.75

DIAMETRO: 14.80 cm

ÁREA: 172.0 cm²

CARGA MAX.: 71.000 Kg.

f'c: 413 Kg/cm²

S1 (Kg/cm²): 8.3 Kg/cm² e₁: 0.5 x 10⁻⁴

S2 = 0.4 f'c: 165.2 Kg/cm² e₂: 7.86 x 10⁻⁴

MEE = 149.540 Kg/cm²

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO: CONCRETO NORMAL

DISEÑO: A/P = 47/53

a/c : 0.45

EDAD: 28 días

CUADRO N° 5.3.4

CARGA (Kg.)	ESFUERZO (Kg. cm)	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 ⁻⁴
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.000	11.63	0.80	0.20	0.50	0.50
4.000	23.26	1.80	0.50	1.15	1.15
6.000	34.88	2.80	0.90	1.85	1.85
8.000	46.51	3.80	1.30	2.55	2.55
10.000	58.14	4.80	1.70	3.25	3.25
12.000	69.77	6.00	2.20	4.10	4.10
14.000	81.40	6.70	2.50	4.60	4.60
16.000	93.02	8.30	3.10	5.70	5.70
18.000	104.65	9.50	3.50	6.50	6.50
20.000	116.28	10.50	4.00	7.25	7.25
22.000	127.91	11.40	4.50	7.95	7.95
24.000	139.53	11.80	5.00	8.40	8.40
26.000	151.16	12.00	5.50	8.75	8.75
28.000	162.79	12.60	6.10	9.35	9.35
30.000	174.42	13.00	6.60	9.80	9.80
32.000	186.05	13.50	7.20	10.35	10.35
34.000	197.67	14.00	8.00	11.00	11.00
36.000	209.30	14.50	8.50	11.50	11.50
38.000	220.93	15.00	9.30	12.15	12.15
40.000	232.56	15.60	9.90	12.75	12.75
42.000	244.14	16.00	10.80	13.40	13.40
44.000	255.81	16.50	11.50	14.00	14.00
46.000	267.44	17.80	13.00	15.40	15.40
48.000	267.57	18.30	14.00	16.15	16.15
50.000	290.70	18.90	14.50	16.70	16.70
52.000	302.33	19.50	16.00	17.75	17.75

DIAMETRO: 14.80 cm

ÁREA: 172.0 cm²

CARGA MAX.: 54.000 Kg.

f'c: 313.95 Kg/cm²

S1 (Kg/cm²): 11.63 Kg/cm²

S2 = 0.4 f'c: 125.58 Kg/cm

MEE = 155,882 Kg/cm²

e₁: 0.5 x 10⁻⁴

e₂: 7.81 x 10⁻⁴

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO MODULO ELASTICO ESTATICO: CONCRETO A. G. DE BARITINA

DISEÑO: A/B = 45/55

a/c : 0.50

EDAD: 28 días

CUADRO N° 5.3.5

CARGA (Kg.)	ESFUERZO (Kg. cm)	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 ⁴
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.000	11.60	0.10	0.20	1.50	0.15
4.000	23.20	0.60	0.40	0.50	0.50
6.000	35.00	5.60	0.40	3.00	3.00
8.000	46.50	6.90	0.40	3.65	3.65
10.000	58.00	8.00	0.40	4.20	4.20
12.000	69.80	9.10	0.80	4.95	4.95
14.000	81.40	10.10	1.40	5.75	5.75
16.000	93.00	11.20	1.70	6.45	6.45
18.000	104.70	12.10	2.30	7.20	7.20
20.000	116.30	13.10	2.90	8.00	8.00
22.000	127.90	13.90	3.20	8.55	8.55
24.000	139.50	14.80	4.50	9.65	9.65
26.000	151.20	15.70	5.20	10.45	10.45
28.000	162.80	16.70	6.00	11.35	11.35
30.000	174.40	17.30	6.90	12.10	12.10
32.000	186.00	18.50	7.70	13.10	13.10
34.000	197.70	19.50	8.40	13.95	13.95
36.000	209.30	20.40	9.10	14.50	14.50
38.000	220.90	21.50	10.00	15.75	15.75
40.000	232.60	22.60	11.00	16.80	16.80
42.000	244.20	23.70	12.30	18.00	18.00
44.000	255.80	24.90	13.40	19.15	19.15
46.000	267.40	26.10	14.90	20.50	20.50
48.000	279.00	27.50	15.70	21.60	21.60

DIAMETRO: 14.80 cm

ÁREA: 172.0 cm²

CARGA MAX.: 63.400 Kg.

f'c: 369 Kg/cm²

S1 (Kg/cm²): 23.201 Kg/cm²

S2 = 0.4 f'c: 147.6 Kg/cm²

MEE = 128,200 Kg/cm²

e₁: 0.5 x 10⁻⁴

e₂: 10.2 x 10⁻⁴

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

ENSAYO DE MODULO ELASTICO ESTATICO: CONCRETO NORMAL

DISEÑO: A/P = 47/53

a/c : 0.50

EDAD: 28 días

CUADRO N° 5.3.6

CARGA (Kg.)	ESFUERZO (Kg. cm)	LECTURA IZQUIERDA	LECTURA DERECHA	PROMEDIO CORREGIDO	DEFORMACION UNIT X 10 ⁻⁴
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.000	11.63	0.30	0.40	0.35	0.35
4.000	23.26	1.50	1.70	1.60	1.60
6.000	34.88	2.00	2.50	2.25	2.25
8.000	46.51	2.50	3.40	2.95	2.95
10.000	58.14	3.10	4.50	3.80	3.80
12.000	69.77	3.60	5.00	4.30	4.30
14.000	81.40	4.50	6.00	5.24	5.24
16.000	93.02	5.30	7.00	6.15	6.15
18.000	104.65	6.00	8.20	7.10	7.10
20.000	116.28	7.00	9.40	8.20	8.20
22.000	127.91	7.50	10.40	8.95	8.95
24.000	139.53	8.00	11.50	9.75	9.75
26.000	151.16	8.50	12.30	10.40	10.40
28.000	162.79	9.00	13.00	11.00	11.00
30.000	174.42	9.60	13.50	11.55	11.55
32.000	186.05	10.00	14.00	12.00	12.00
34.000	197.67	10.40	14.70	12.55	12.55
36.000	209.30	11.10	15.70	13.40	13.40
38.000	220.93	12.00	16.60	14.30	14.30
40.000	232.56	12.70	18.00	15.35	15.35
42.000	244.14	13.20	19.00	16.10	16.10
44.000	255.81	14.00	20.00	17.00	17.00
46.000	267.44	15.00	20.70	17.85	17.85
48.000	279.07	16.00	21.70	18.85	18.85
50.000	290.70	16.60	22.30	19.45	19.45
52.000	302.33	17.60	22.80	20.20	20.20
54.000	313.45	18.40	23.40	20.90	20.90
56.000	325.58	19.20	24.50	21.85	21.85
58.000	337.21	20.20	25.20	22.70	22.70
60.000	348.84	22.10	26.00	24.05	24.05
62.000	360.47	23.00	26.50	24.75	24.75
64.000	372.09	24.00	27.00	25.50	25.50
66.000	383.72	25.20	27.50	26.35	26.35
68.000	395.35	26.30	28.10	27.20	27.20
70.000	406.98	27.20	29.00	28.10	28.10
72.000	418.60	28.50	30.00	29.25	29.25

DIAMETRO: 14.80 cm

ÁREA: 172.0 cm²

CARGA MAX.: 73.000 Kg.

f'c: 424.42 Kg/cm²

S1 (Kg/cm²): 13.03 Kg/cm² e₁: 0.5 x 10⁻⁴

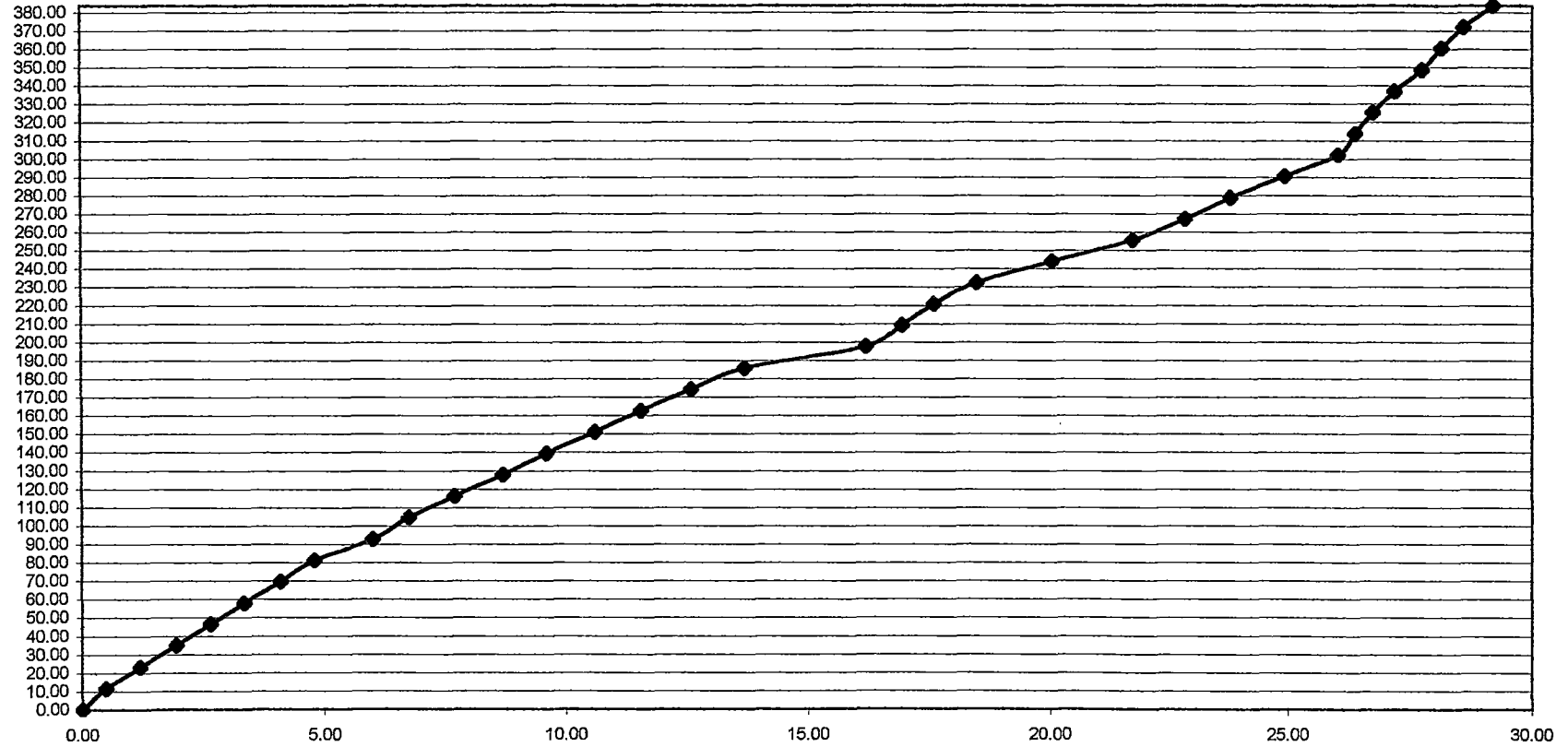
S2 = 0.4 f'c: 169.77 Kg/cm e₂: 11.3 x 10⁻⁴

MEE = 144,728 Kg/cm²

TESIS: ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO, CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA Y CEMENTO PORTLAND TIPO I

GRAFICO N° 10.5.1. (Ver cuadro 5.3.1)
Ensayo de Módulo Elástico Estático: Concreto A. G. de Baritina
a/c: 0.40
Edad: 28 días

ESFUERZO (Kg/cm²)



DEFORMACION UNIT X 10⁻⁴

GRAFICO N° 10.5.2. (Ver cuadro 5.3.2)
Ensayo de Módulo Elástico Estático: Concreto Normal
a/c: 0.40
Edad: 28 días

ESFUERZO (Kg/cm²)

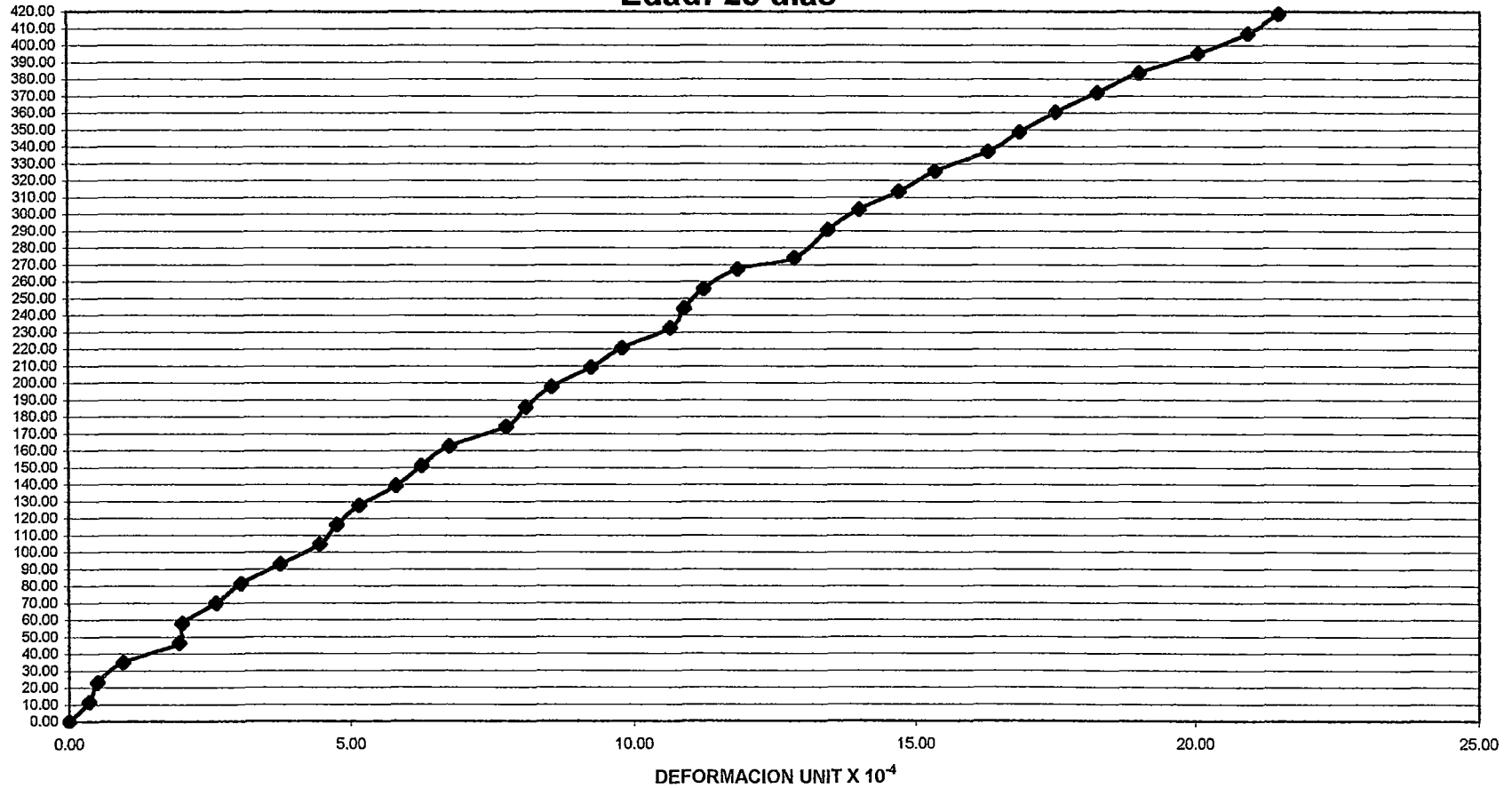


GRAFICO N° 10.5.3. (Ver cuadro 5.3.3)
Ensayo de Módulo Elástico Estático: Concreto A. G. de Baritina
a/c: 0.45
Edad: 28 días

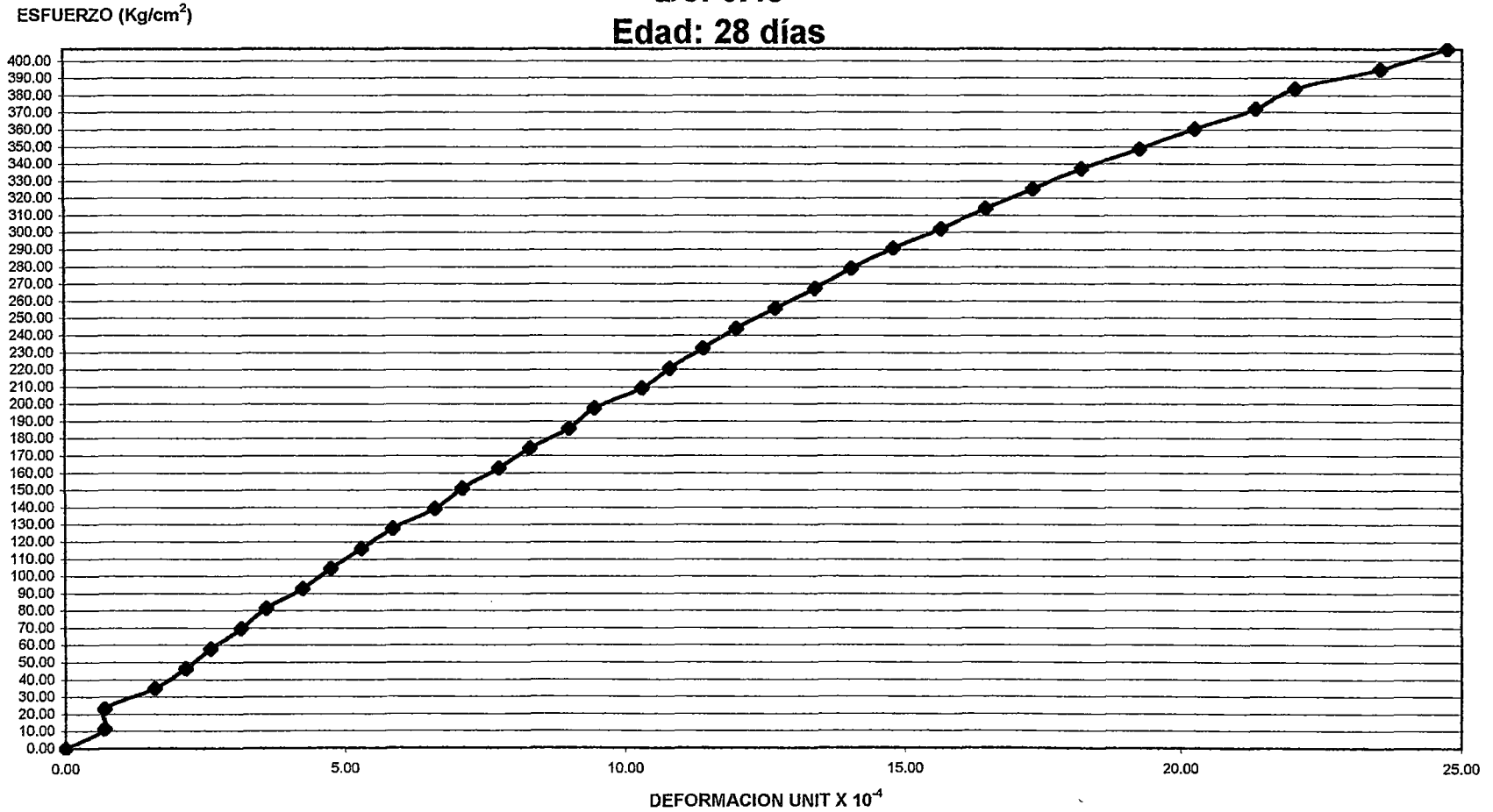


GRAFICO N° 10.5.4. (Ver cuadro 5.3.4)
Ensayo de Módulo Elástico Estático: Concreto Normal
a/c: 0.45
Edad: 28 días

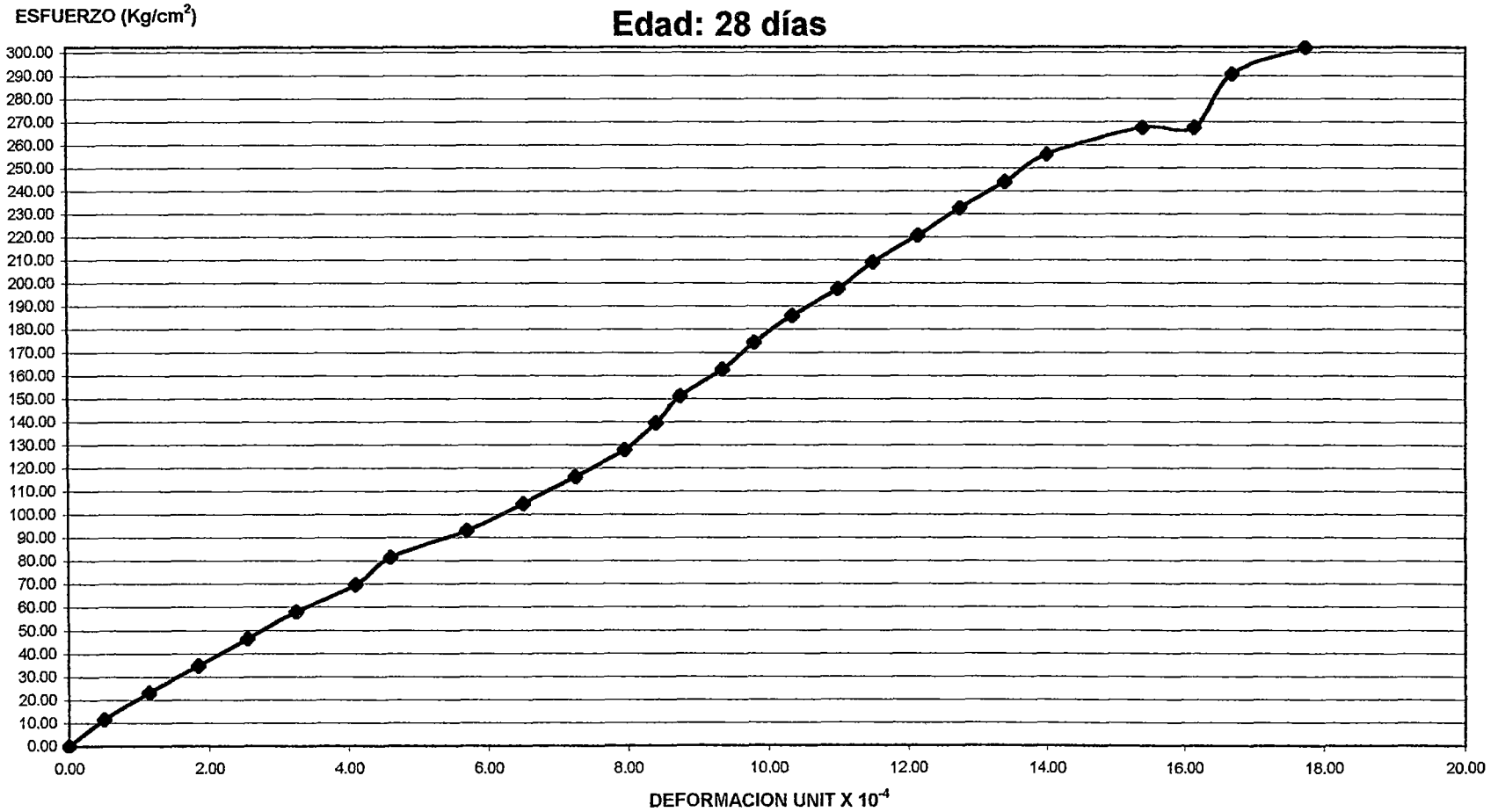


GRAFICO N° 10.5.5. (Ver cuadro 5.3.5)
Ensayo de Módulo Elástico Estático: Concreto A. G. de Baritina
a/c: 0.50
Edad: 28 días

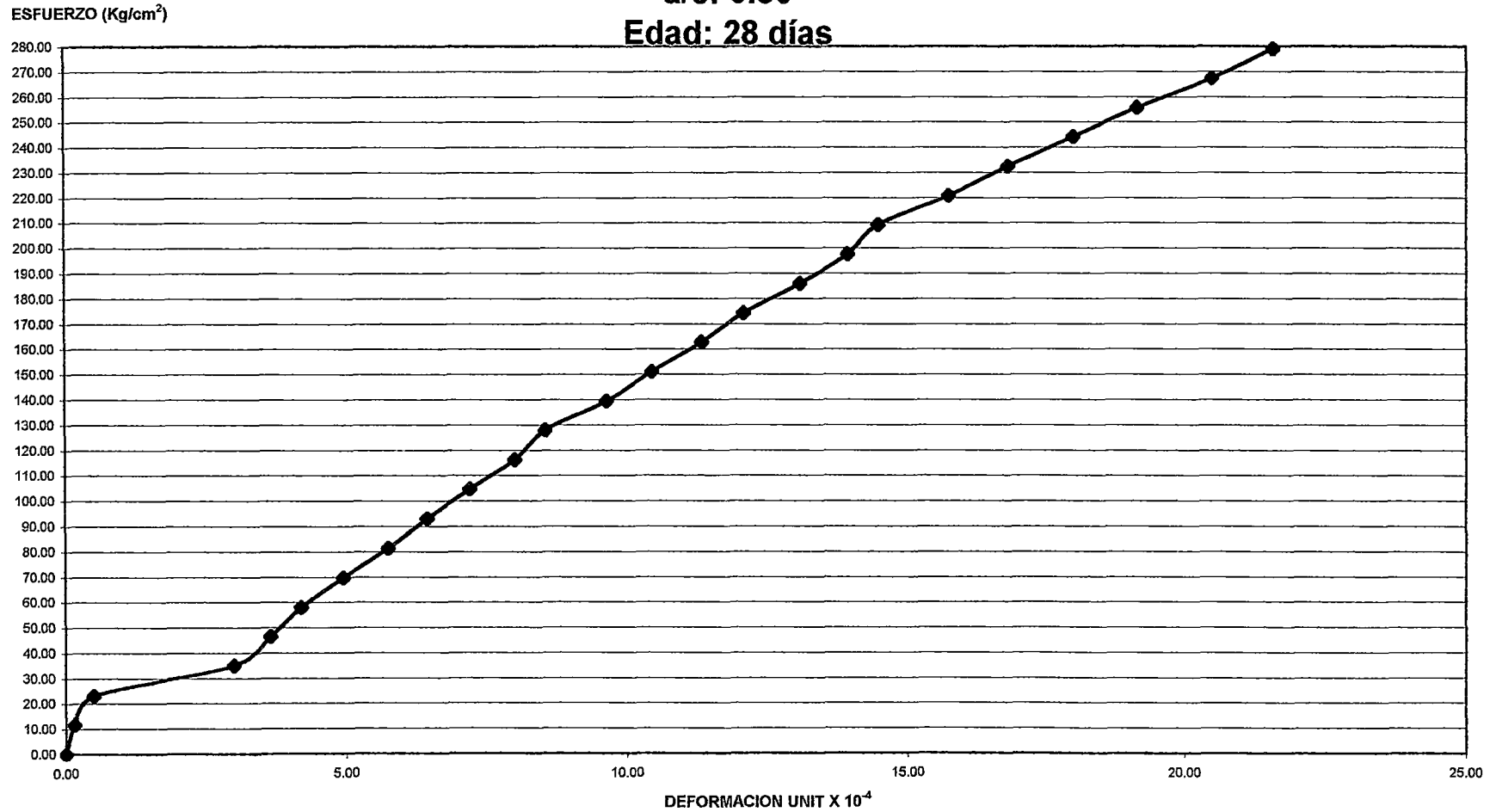
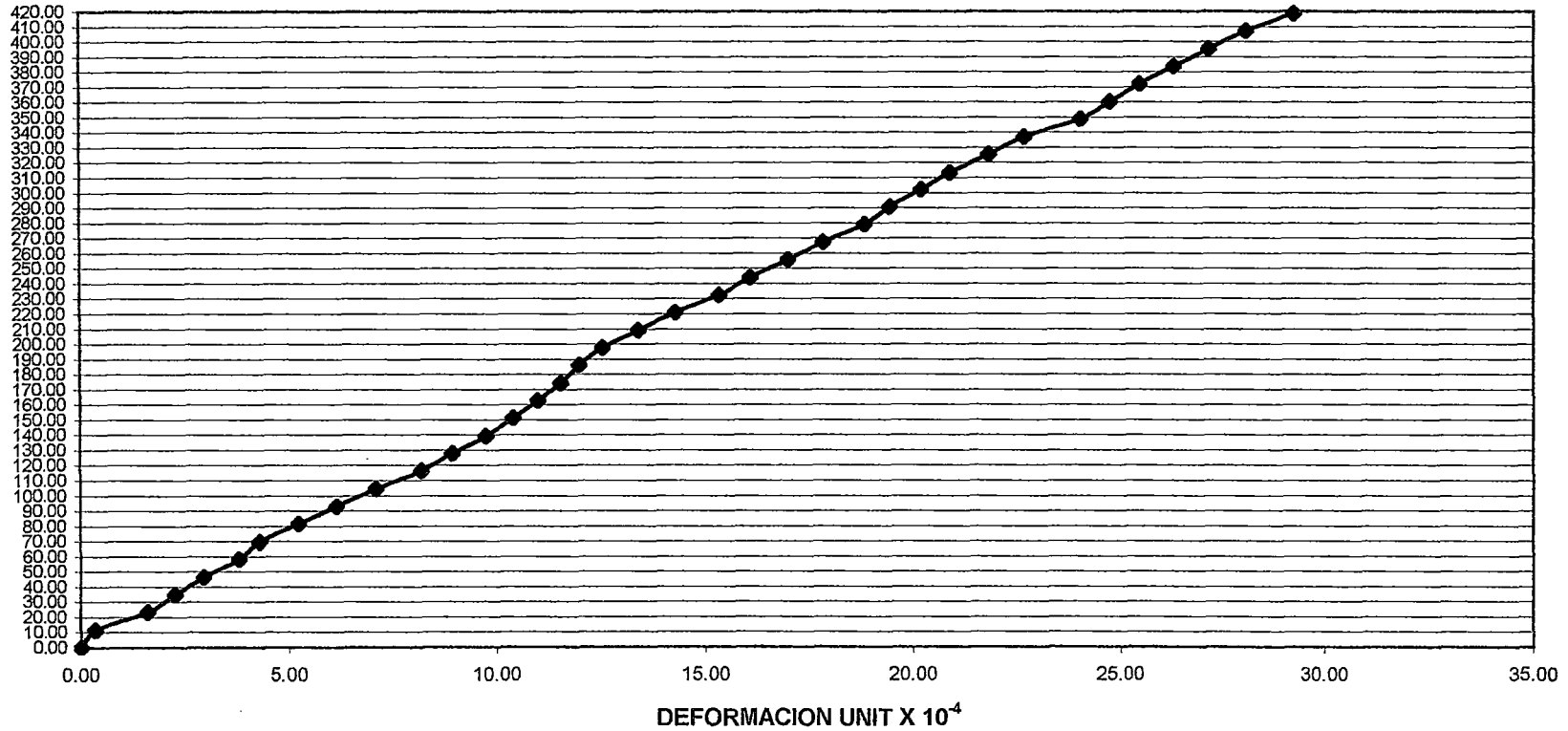


GRAFICO N° 10.5.6. (Ver cuadro 5.3.6)
Ensayo de Módulo Elástico Estático: Concreto Concreto
a/c: 0.50
Edad: 28 días

ESFUERZO (Kg/cm²)



ANALISIS DE COSTOS

Análisis de precios unitarios

Obra	0301003 PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO PREPARADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA CEMENTO PORT LAND TIPO I SOL			Fecha	15/07/2008		
Fórmula	01 ANALISIS DE COSTOS POR M3						
Partida	01.01 DISEÑO 1 A/C= 0.40						
Rendimiento	14.000	M3/DIA	Costo unitario directo por : M3			466.76	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
470101	CAPATAZ	HH	1.00	0.5714	10.30	5.88	
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.7143	8.57	14.68	
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20	
470104	PEON	HH	6.00	3.4286	6.87	23.54	
						57.30	
Materiales							
050031	BARITINA	M3		0.2510	254.42	63.86	
050104	ARENA GRUESA	M3		0.2050	14.00	2.87	
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		17.0000	19.20	326.40	
390500	AGUA	M3		0.2940	10.00	2.94	
						396.07	
Equipos							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	57.33	1.72	
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.00	0.5714	5.37	3.05	
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57	
						13.34	

Análisis de precios unitarios

Obra 0301003 PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO PREPARADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
CEMENTO PORT LAND TIPO I SOL

Fórmula 01 ANALISIS DE COSTOS POR M3

Fecha 15/07/2002

Partida 01.02 DISEÑO 2 A/C= 0.45
Rendimiento 14.000M3/DIA Costo unitario directo por : M3 417.49

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	1.00	0.5714	10.30	5.86
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.7143	8.57	14.66
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
470104	PEON	HH	6.00	3.4286	6.87	23.56
						57.33
Materiales						
050031	BARITINA	M3		0.2830	254.42	72.00
050104	ARENA GRUESA	M3		0.2320	14.00	3.25
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		14.0000	19.20	268.80
390500	AGUA	M3		0.2750	10.00	2.75
						346.80
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	57.33	1.72
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
						13.36

BACHILLER LUIS ALBERTO NAPA MENDOZA

Análisis de precios unitarios

Obra 0301003 PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO PREPARADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL

Fórmula 01 ANALISIS DE COSTOS POR M3

Fecha 15/07/2002

Partida 01.03 DISEÑO 3 A/C= 0.50
Rendimiento 14,000M3/DIA **Costo unitario directo por : M3** 386.55

Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	1.00	0.5714	10.30	5.88
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.7143	8.57	14.66
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.7143	7.70	13.21
470104	PEON	HH	6.00	3.4286	6.87	23.58
						57.32
Materiales						
050031	BARITINA	M3		0.3120	254.42	79.38
050104	ARENA GRUESA	M3		0.2550	14.00	3.57
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		12.0000	19.20	230.40
390500	AGUA	M3		0.2550	10.00	2.55
						315.90
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	57.33	1.71
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.00	0.5714	5.37	3.03
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
						13.36

CUADRO 8.2.1

ANÁLISIS DE COSTOS

S10

Página :

4

BACHILLER LUIS ALBERTO NAPA MENDOZA

Análisis de precios unitarios

Obra	0301003	PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO PREPARADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA CEMENTO PORT LAND TIPO I SOL				
Fórmula	01	ANÁLISIS DE COSTOS POR M3 - CONCRETO NORMAL	Fecha	15/07/2002		
Partida	01.04	CONCRETO NORMAL A/C = 0.40				
Rendimiento	14.00M3/DIA	Costo unitario directo por : M3		395.40		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	1.00	0.5714	10.30	5.88
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.7143	8.57	14.66
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
470104	PEON	HH	6.00	3.4286	6.87	23.58
57.33						
Materiales						
050003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.2610	44.17	11.53
050104	ARENA GRUESA	M3		0.2320	14.00	3.25
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		16.0000	19.20	307.20
390500	AGUA	M3		0.2730	10.00	2.73
324.71						
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	57.33	1.72
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50'	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
13.36						

BACHILLER LUIS ALBERTO NAPA MENDOZA

Análisis de precios unitarios

Obra 0301003 PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO PREPARADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA
 CEMENTO PORT LAND TIPO I SOL
 Fórmula 01 ANALISIS DE COSTOS POR M3 - CONCRETO NORMAL Fecha 15/07/2002

Partida	01.05	CONCRETO NORMAL A/C = 0.45					
Rendimiento	14.000M3/DIA					Costo unitario directo por : M3	339.67
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	1.00	0.5714	10.30	5.89	
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.7143	8.57	14.69	
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20	
470104	PEON	HH	6.00	3.4286	6.87	23.55	
							57.33
	Materiales						
050003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.2990	44.17	13.21	
050104	ARENA GRUESA	M3		0.2660	14.00	3.72	
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		13.0000	19.20	249.60	
390500	AGUA	M3		0.2450	10.00	2.45	
							268.98
	Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	57.33	1.72	
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50'	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07	
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57	
							13.36

CUADRO 8.2.2

ANÁLISIS DE COSTOS

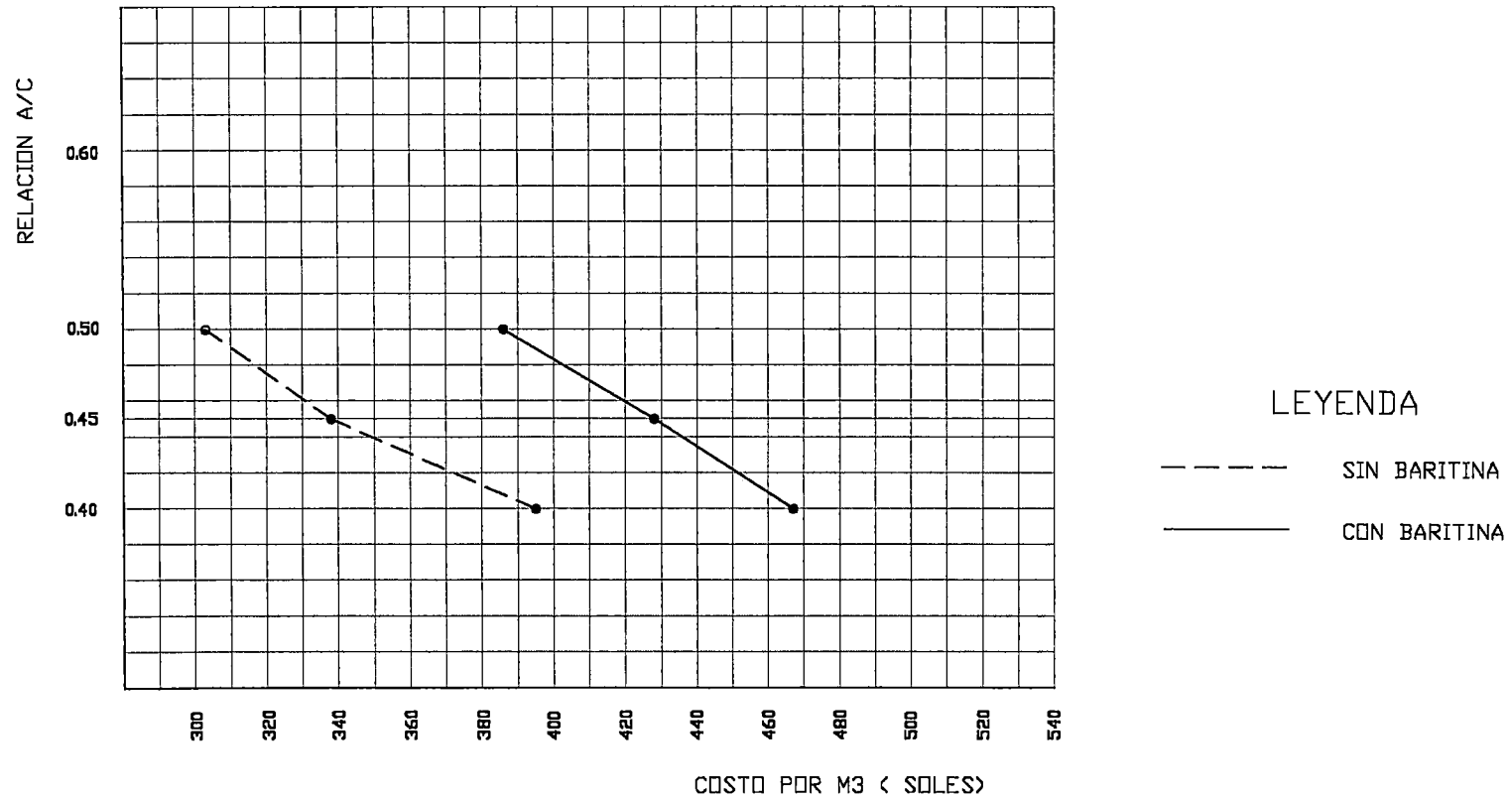
S10
BACHILLER LUIS ALBERTO NAPA MENDOZA

Página :

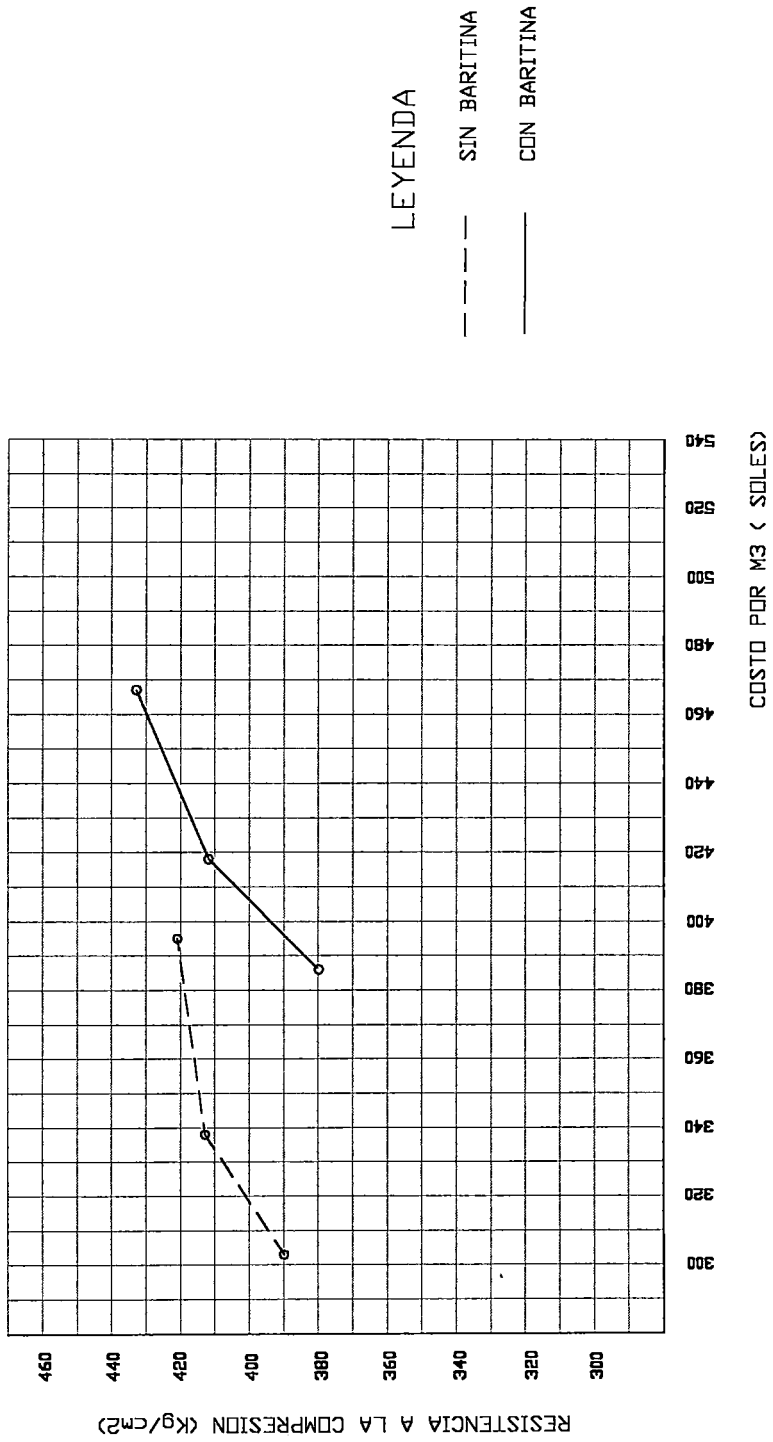
Análisis de precios unitarios

Obra	0301003	PROPIEDADES FISICAS DEL CONCRETO PESADO PREPARADO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA. CEMENTO PORT LAND TIPO I SOL				
Fórmula	01	ANÁLISIS DE COSTOS POR M3 - CONCRETO NORMAL	Fecha 15/07/2002			
Partida	01.06	CONCRETO NORMAL A/C = 0.50				
Rendimiento	14.000M3/DIA	Costo unitario directo por : M3	302.59			
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
470101	CAPATAZ	HH	1.00	0.5714	10.30	5.86
470102	OPERARIO	HH	3.00	1.7143	8.57	14.66
470103	OFICIAL	HH	3.00	1.7143	7.70	13.20
470104	PEON	HH	6.00	3.4286	6.87	23.56
						57.33
Materiales						
050003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.3260	44.17	14.40
050104	ARENA GRUESA	M3		0.2890	14.00	4.05
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BOL		11.0000	19.20	211.20
390500	AGUA	M3		0.2250	10.00	2.25
						231.90
Equipos						
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	57.33	1.72
490703	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	HM	1.00	0.5714	5.37	3.07
491007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	1.00	0.5714	15.00	8.57
						13.36

ANALISIS COSTO - BENEFICIO
COSTO VS A/C < 28 DIAS DE CURADO >



ANALISIS COSTO - BENEFICIO
 COSTO VS RESISTENCIA A 28 DIAS DE CURADO



ANALISIS COSTO / BENEFICIO

Tomando como referencia el Ensayo ejecutado por los ingenieros:

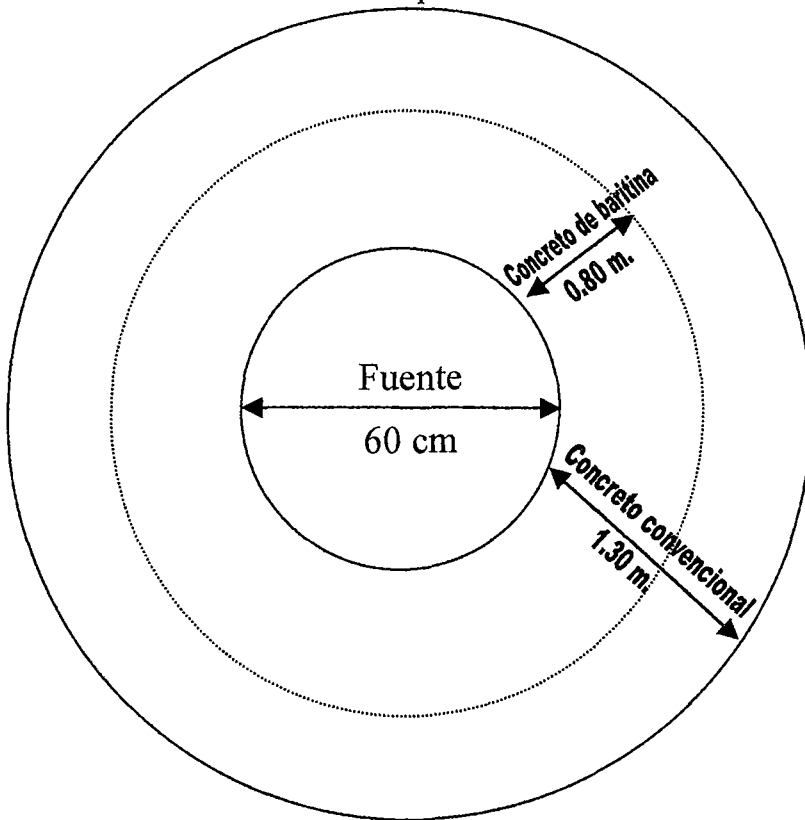
Alcedo Ramírez, Ramón

Arteaga López, Carlos

Cuyo tema de tesis es: CONCRETOS DENSOS DE BARITINA PROTECTORES
CONTRA RADIACIONES ATOMICAS-AÑO -1967

Para comparar las propiedades de Atenuación de radiaciones Gamma entre el concreto convencional y el concreto con agregado grueso de Baritina se hicieron pruebas en el laboratorio de la junta de control de Energía Atómica que proporciono como fuente emisora Ra—226 ,sellada , además de los aparatos de detección de las Radiaciones (Survey meter detector de centelleo y promediador de cuentas)

Las pruebas efectuadas demostraron la mayor eficacia del concreto de Baritina que dio un espesor medio de 6 cm. contra los 10 cm. que se obtuvieron en el concreto convencional



Comparación de pantallas esféricas Concreto convencional y Concreto de Baritina para una fuente de Ra-226 de 1500 mg.

CONCRETO NORMAL

Area: $\pi \cdot (3.20)^2 / 4 = 8.0 \text{ m}^2$

Volumen de Concreto = $\pi \cdot (3.20^3 - 0.60^3) / 6 = \pi \cdot 32.55 / 6 = 17.10 \text{ m}^3$

CONCRETO DE BARITINA

Area: $\pi \cdot (2.20)^2 / 4 = 3.80 \text{ m}^2$

Volumen de Concreto = $\pi \cdot (2.20^3 - 0.60^3) / 6 = \pi \cdot 10.43 / 6 = 5.45 \text{ m}^3$

	Concreto Normal	Concreto de Baritina
Espeor de la pantalla	1.30 m.	0.80 m.
Area ocupada	8.0 m ²	3.8 m ²
Volumen de concreto	17.1 m ³	5.45 m ³

COSTO POR M3 DE CONCRETO NORMAL

Tipo de concreto	Espeor de pantalla Pantalla (m)	Area ocupada (m ²)	Volumen de concreto (m ³)
Normal	1.30	8.0	17.10
De baritina	0.80	3.8	5.45

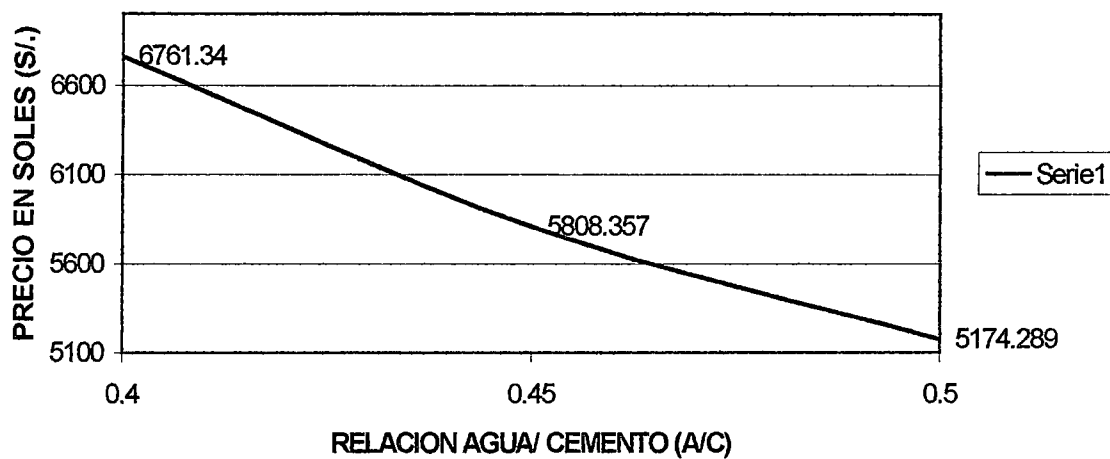
COSTO POR M3 DE CONCRETO DE COMCRETO NORMAL

RELACION	COSTO POR M3	M3	PRECIO EN SOLES	F' c
(a/c)	(S./M3)	M3	(S/.)	(Kg/m3)
0.40	395.40	17.10	6761.34	421
0.45	339.67	17.10	5808.36	413
0.50	302.59	17.10	5174.29	390

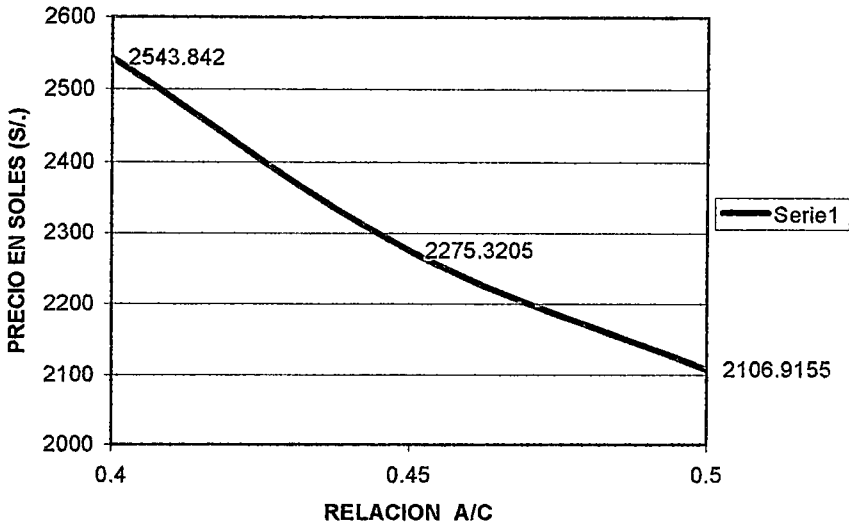
COSTO POR M3 DE CONCRETO DE BARITINA

RELACION	COSTO POR M3	M3	PRECIO EN SOLES	F' c
(a/c)	(S/.M3)	(M3)	(S/.)	(Kg/m3)
0.40	466.76	5.45	2543.80	433
0.45	417.49	5.45	2275.32	412
0.50	386.59	5.45	2106.90	380

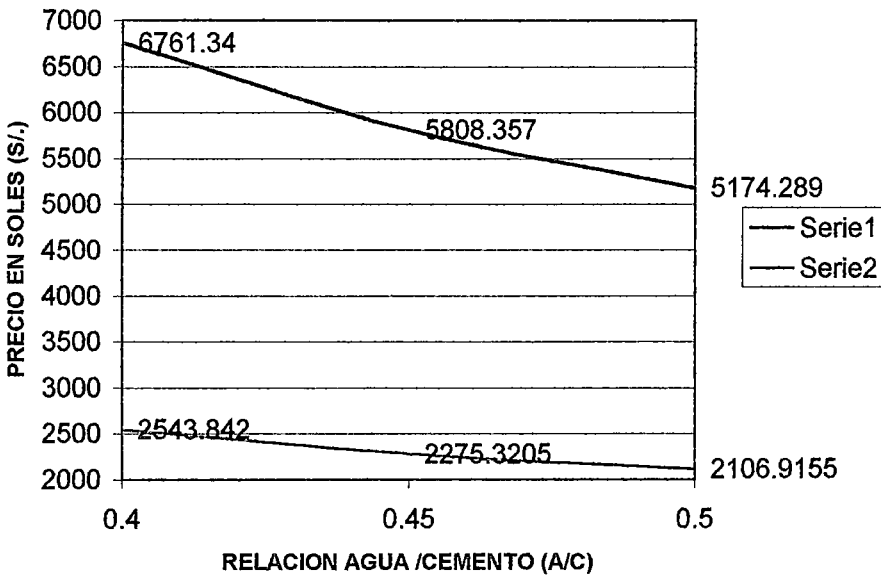
COSTO POR M3 DE CONCRETO NORMAL PARA UNA PANTALLA ESFERICA DE e=1.30 m.



COSTO POR M3 DE CONCRETO DE BARITINA PARA UNA PANTALLA ESFERICA DE ESPESOR e=0.80 m.



RELACION BENEFICIO/COSTO CONCRETO CONVENCIONAL (Vs) CONCRETO CON AGREGADO GRUESO DE BARITINA



Lo que se demuestra que a pesar del mayor costo que representa la fabricación del concreto de baritina en cuanto al precio de los agregados, encofrados y mano de obra, resulta mas económico para la fabricación de grandes volúmenes por los menores espacios ocupados y gran ahorro en volúmenes de concreto.

PANEL FOTOGRAFICO



Foto 1.- Tamizado de la muestra para el ensayo de tiempo de fraguado.



Foto 2.- Ensayo de tiempo de fraguado.

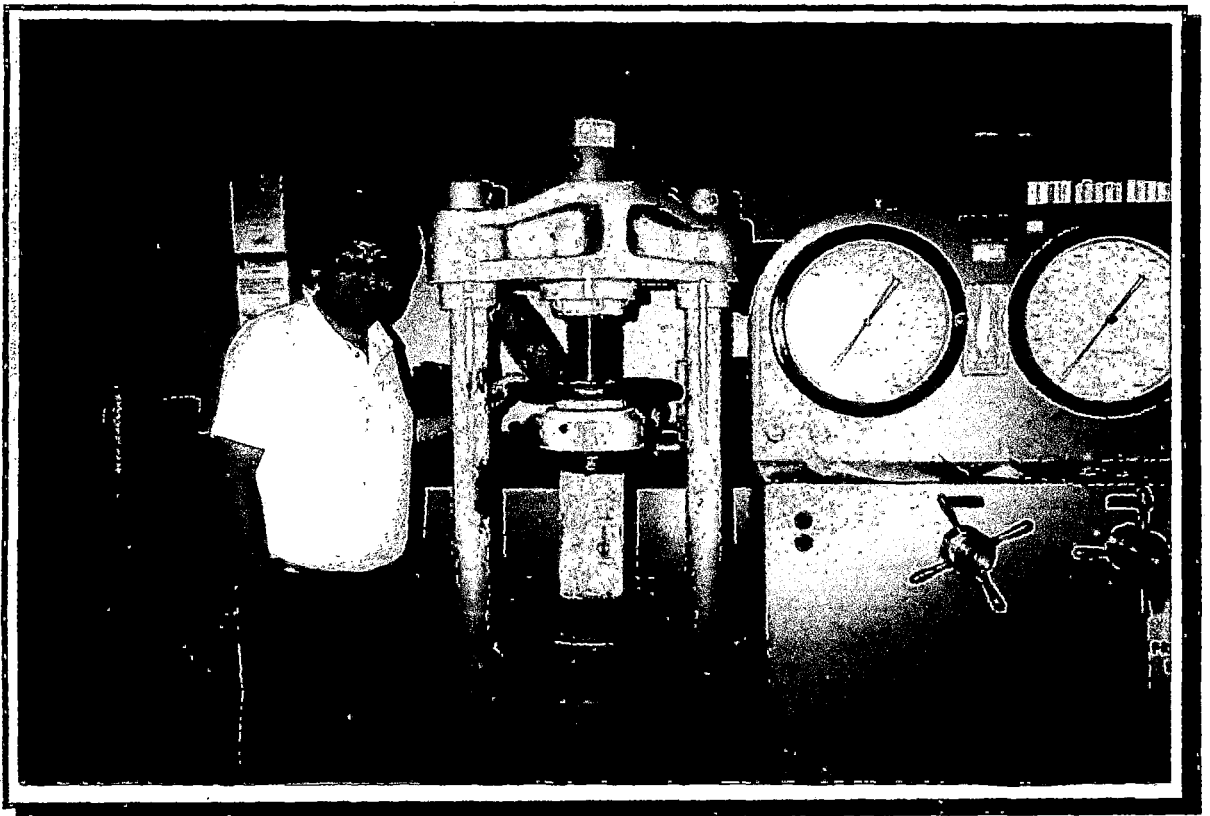


Foto 3.- Ensayo de resistencia en compresión.

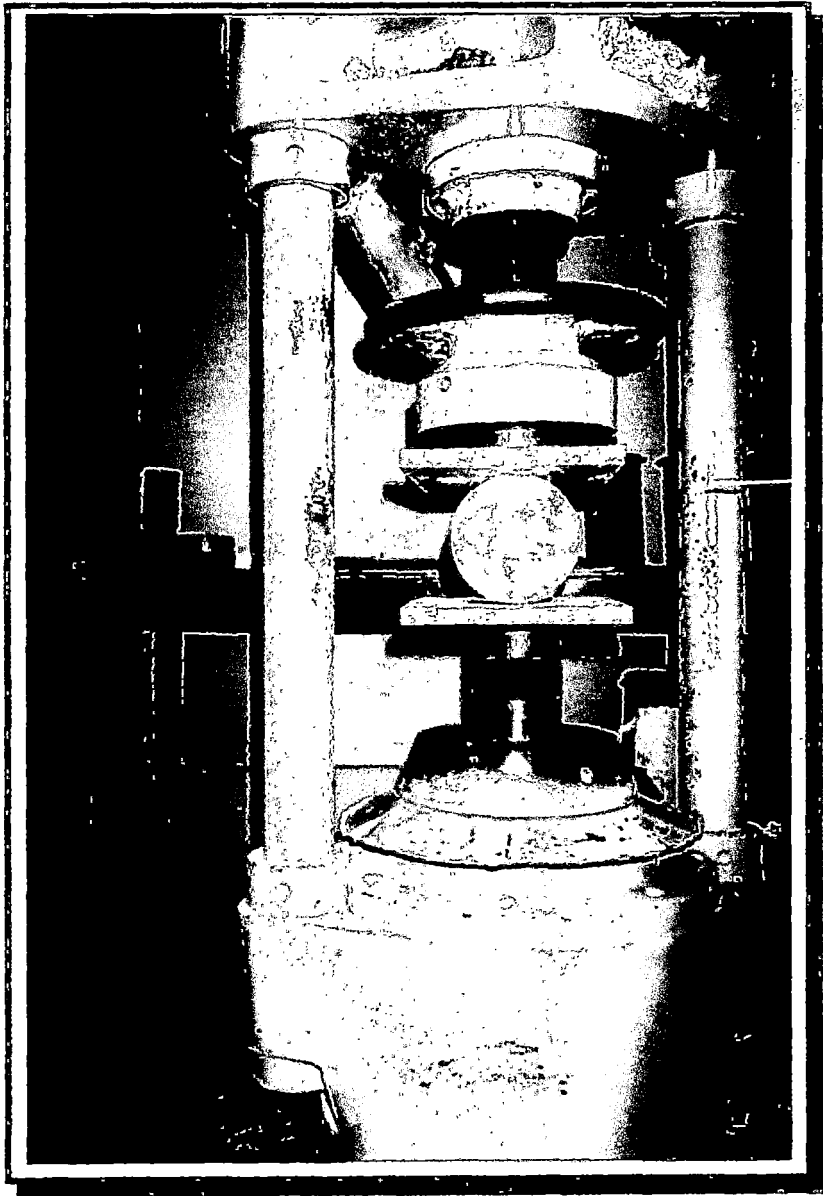


Foto 4.- Ensayo de tracción por compresión diametral.



Foto 5.- Rotura de probeta con agregado grueso de baritina en forma longitudinal.

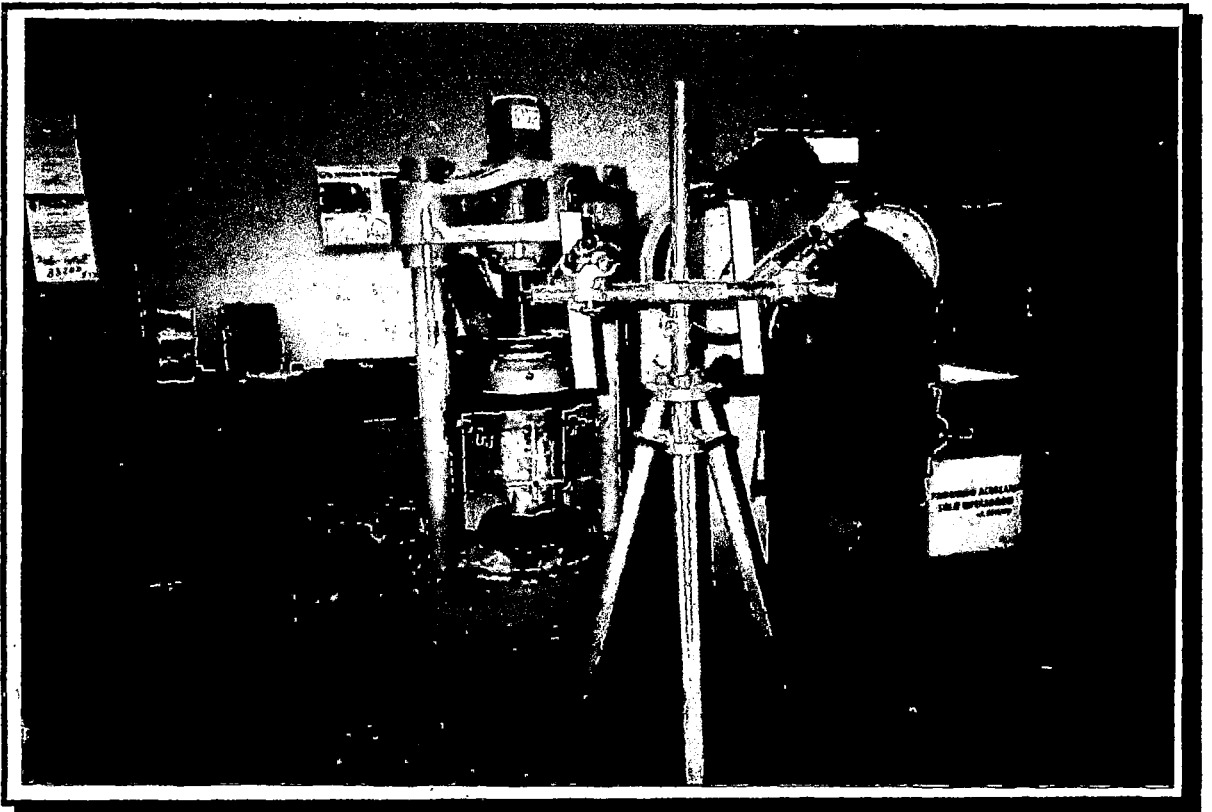


Foto 6.- Ensayo de módulo elástico estático.

BIBLIOGRAFÍA

1. Título : Curso Básico de Protección en el uso Médico Rayos X
Autor : Ing. Renán Ramírez Quijada
Ing. Eduardo Medina Gironzini
Ing. Mario Mallaupoma Gutierrez
Ciudad : Lima – Perú, 1998
Biblioteca : Personal
Contenido : Radiactividad y Radiación

2. Título : Minerales Industriales del Perú
Autor : Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
Ing. Estanislao Dunin – Borkowki
Ciudad : Lima – Perú, 1996
Biblioteca : Personal
Contenido : Minerales Industriales del Perú

3. Título : Diseño de Mezclas
Autor : Ing. Enrique Rivva López
Ciudad : Lima – Perú, 1992
Biblioteca : Personal
Contenido : Criterios Básicos de Diseño

4. Título : Diseño de Mezclas
Autor : Ing. Rafael Cachay Huamán
Biblioteca : Personal
Contenido : Método de Agregado Global y Módulo de Finura para
Concretos de Mediana y Alta Resistencia.
5. Título : Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú
Autor : Ing. Enrique Pasquel Carvajal
Ciudad : Lima – Perú, 1993
Biblioteca : Personal
Contenido : Estudio del Concreto
6. Título : Tesis de Grado
Autor : Ing. Alcedo Ramírez, Ramón E.
Ing. Arteaga López, Carlos E.
Ciudad : UNI – FIC, 1967
Contenido : Concretos Densos de Baritina
Protectores Contra Radiaciones Atómicas
7. Título : Tesis de Grado
Autor : Ing. Elder Rolando Fuente
Ciudad : UNI – FIC, 1983
Contenido : Concretos Pesado de Baritina y Serpentina
(Blindaje para Reactores Nucleares)

8. Título : Reglamento Nacional de Construcciones
Autor : Camara Peruana de la Construcción (CAPECO)
Ciudad : Lima – Perú, 1992
Biblioteca : CAPECO
Contenido : Definición y Normas
9. Título : Tecnología del Concreto
Autor : ACI
Ciudad : Lima – Perú, 1993
Biblioteca : Personal
Contenido : Control de Calidad del Concreto.
10. Título : Tecnología del Concreto
Autor : Ing. Carlos A. Barzola Gastelú
Ciudad : Lima – Perú, 2000
Biblioteca : Personal
Contenido : Estudio del Concreto Empleando los Diversos Métodos de Diseño (Método del Agregado Global Apuntes de Clase).
11. Título : Recomendaciones para el Proceso de Puesta en Obras de Estructuras de Concreto.
Autor : Ing. Enrique Rivva López
Ciudad : Lima – Perú, 1988
Biblioteca : Personal
Contenido : Experiencia personal.